

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION
UNI-RUSB**



MONOGRAFIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO EN ELECTRONICA

**“Estudio de pérdidas de energía por bajo Factor de Potencia en
consumidores de tarifas monomía del circuito SMT-ASO3020”**

AUTOR:

**Br. Genaro Francisco Urtecho Zavala
Br. Danilo Antonio Ramírez Godínez**

TUTOR:

Ing. Felipe Paz Campos.

ASESOR:

Ing. José Aragón Torres

Managua, Nicaragua Noviembre de 2009

DEDICATORIA

A Dios por darnos vida, a nuestra madre por estar siempre a nuestro lado apoyándonos, a nuestra familia y amigos por habernos acompañado y guiado en todo este tiempo. A nuestros profesores por instruirnos y enseñarnos el valor de una buena educación. A ellos dedicamos este estudio monográfico que con tanto sacrificio y perseverancia hemos logrado realizar con éxito. “Hacer o no hacer algo, sólo depende de nuestra voluntad y perseverancia”

Corazón de Jesús, en vos confío. Que mi plegaria ascienda hasta tu trono y por María consiga lo que anhelo, Amén.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darnos la sabiduría para culminar este documento y permitirnos encontrar en este largo camino el apoyo de personas que hoy tenemos en alta estima. Gracias a ellos hemos sido capaces de cumplir nuestro sueño de culminar la carrera de Ingeniería electrónica, realizar un documento que sirva de aporte de conocimiento a futuros ingenieros. Agradecemos a todos los pobladores del circuito SMT-ASO3020 por la confianza prestada en las mediciones y el apoyo presupuestario que proporcionó esta excelente universidad de la cual nos sentimos orgullosos de pertenecer. Se agradece a todas las personas que estuvieron siempre apoyándonos, dándonos información, palabras de aliento y motivándonos. Es por ellos, con ellos y a ellos que debemos el triunfo de estos humildes servidores. De manera especial se agradece a las siguientes personas: Personal de Disnorte – Dissur, Estudiantes y personal administrativo UNI.

Familiares:

Aura María Godinez Avendaño
Juana Eloísa Zavala Silva
Dora del Carmen Godinez Avendaño
Genaro Francisco Urtecho Ubau
Encarnación Zavala Cruz
Auxiliadora Show

Profesores:

Ing. José Manuel Arcia Salmerón
Ing. José Daniel Aragón Torres
Lic. Javier Ampie
Ing. Felipe Paz Campos
Ing. Ronald Torres

RESUMEN

En Nicaragua los costos de energía eléctrica son elevados debido a la configuración de la matriz energética del país. Las plantas eléctricas instaladas dependen de combustibles derivados en base a petróleo ocasionando incrementos constantes en facturación de consumidores de tarifas monomía (aplicación de cobro por consumo y cargo por comercialización) sumado a un desconocimiento generalizado acerca del ahorro de consumo de energía y cómo medidas directas de corrección del Factor de Potencia (FP) inciden directamente en la disminución de pérdida de energía en la línea.

Para aplicar medidas de corrección de Factor de Potencia se debe conocer el valor de FP de las cargas a corregir, medidas que actualmente es del conocimiento de industrias, dado los costos que provoca un deteriorado FP en grandes consumidores de energía reactiva. De igual manera la distribuidora de energía incurre en costos adicionales por instalaciones que presentan un deteriorado FP penalizando este factor de encontrarse infringiendo un valor menor a 0.85 establecido en la normativa vigente del sector eléctrico.

El Factor de Potencia es el valor de relación de la potencia activa (P) entre la potencia aparente (S), representado a su vez por el $\cos(\varphi)$ donde φ representa el desfase producido entre el voltaje y la corriente en un equipo eléctrico de naturaleza inductiva. Más allá de cualquier término el FP evidencia las pérdidas de energía eléctrica en que incurren equipos inductivos en una instalación eléctrica y como está afectación repercute en la potencia aparente total demandada a la red eléctrica.

En búsqueda de evidenciar si pequeños consumidores de energía registran pérdidas de energía por un bajo Factor de Potencia es seleccionado y analizado el circuito de distribución eléctrica "SMT-ASO3020" con un total de dos mil novecientos cincuenta y nueve consumidores registrados del cual 97.36% pertenecen a consumidores de tarifas monomía. Con el fin de obtener una base de datos verdadera que permita determinar el impacto de las pérdidas de energía que presentan los consumidores de tarifas monomía.

Con un número tan grande de consumidores (2959) surge la necesidad de crear una muestra estadística que permita analizar una menor cantidad de suministros sin perder la representatividad de todo el circuito; donde existe una variedad de tarifas que son delimitadas para analizar solo a consumidores de tarifas monomía la cual tiene una representación de 2808 suministros. El método para obtener la muestra estadística utilizada es "Muestreo irrestricto aleatorio" a través del cual se obtiene una representación de trescientos cincuenta consumidores, designando posteriormente a este punto la aplicación del método "aleatorio estratificado" para distribuir la muestra en cinco clases de tarifas monomías perteneciente al circuito.

Las mediciones realizadas en acometidas o paneles de cada suministro de la muestra, forman parte de la base de datos que permite obtener el porcentaje de pérdidas estimado que presentan consumidores de tarifas monomía del circuito analizado. De igual manera se proporciona conceptos y demostraciones para corregir estas pérdidas de energía debido a un bajo FP, permitiendo que consumidores apliquen políticas de ahorro en conjunto con las medidas existente contribuyendo de manera significativa a disminuir pérdidas de energía. Al corregir el bajo FP a través de condensadores estáticos se influye en la reducción de reactivos presentes en los consumidores de tarifa monomía.

INDICE

Introducción.....	1
Objetivos de la Investigación.....	3
Objetivo General	3
Objetivo Particulares.....	3
Justificación.....	4
Hipótesis.....	5

CAPITULO I: PROCESO ENERGETICO EN NICARAGUA

1.1 Generación.....	6
1.2 Transmisión.....	7
1.3 Distribución.....	8

CAPITULO II: FACTOR DE POTENCIA

2.1 Causa y efecto.....	10
2.2 Factor de Potencia en pequeños consumidores.....	11
2.3 Concepto y definiciones.....	12
2.3.1 Potencia Eléctrica.....	12
2.3.1a Potencia activa.....	12
2.3.1b Potencia aparente.....	13
2.3.1c Potencia reactiva.....	13
2.3.2 Relación ángulo (ϕ) y Factor de Potencia.....	13
2.3.3 Comportamiento en aparatos eléctricos.....	14
2.3.3 a Resistencia activa (R).....	15
2.3.3 b Reactancia inductiva (XL).....	15
2.3.3 C Reactancia capacitiva (Xc).....	16
2.3.4 Impedancia (Z).....	17
2.3.5 Comportamiento de corriente eléctrica ante inductancia.....	18
2.3.6 Comportamiento de corriente eléctrica ante capacitancia.....	18

CAPITULO III: CONSECUENCIAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

3.1Consecuencias.....	19
3.2Aumento de pérdidas por efecto Joule.....	20
3.3Sobrecarga en generador, transformación y líneas de distribución.....	20
3.4Caídas de voltaje.....	21
3.5Incremento en facturación eléctrica del consumidor.....	21
3.6Caso de estudio I.....	22

CAPITULO IV: CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

4.1 Análisis del triángulo de potencia.....	25
4.1.1 Ecuaciones obtenidas del triángulo de potencia.....	26
4.2 Condensador para corregir FP.....	27
4.3 Ubicación del elemento de compensación.....	28
4.4 Tipos de compensación.....	28
4.4.1 Compensación individual.....	29
4.4.2 Compensación en grupo.....	29
4.4.3 Compensación central.....	29
4.5 Potencia de un condensador en compensación individual.....	30
4.5.1 Análisis por fórmula.....	30
4.5.2 Análisis por tabla.....	32

CAPITULO V: TARIFAS DEL SERVICIO ELECTRICO

5.1 Tarifas Binomia y Monomia.....	33
5.1.1 Tarifa Binomia.....	34
5.1.2 Tarifa Monomia.....	34
5.2 Tipos de Tarifas en baja tensión.....	34
5.3 Facturación según tarifa eléctrica.....	36
5.3.1 Segundo caso de estudio (Facturación del FP en Consumidores)....	40

CAPITULO VI: CIRCUITO MUESTRA

6.1Circuito elegido.....	42
6.2Característica general del circuito SMT-ASO3020.....	43
6.3Adquisición de datos del circuito SMT-ASO3020.....	44
6.4Condiciones para obtener muestra estadística del circuito.....	45
6.4.1 Esquemas de reporte en BDI.....	45
6.4.2 Depurado de tarifas del circuito.....	46
6.4.3 Representación de tarifas monomía.....	46
6.5Obtención de muestra representativa.....	47
6.6Diseño de muestra.....	48
6.6.1Muestreo irrestricto aleatorio y aleatorio estratificado.....	48

CAPITULO VII: ESTRATEGIA DE MEDICION DEL FACTOR DE POTENCIA

7.1 Formación de Estrategia.....	52
7.2 Distribución de consumidores en cada tarifa del circuito.....	53
7.3 División del circuito en segmento geográfico.....	54
7.3.1 Primer segmento.....	55
7.3.2 Segundo segmento.....	57
7.3.3 Tercer segmento.....	58
7.3.4 Cuarto segmento.....	60
7.4 Preparación preliminar de mediciones.....	62
7.4.1 Dispositivo para medir FP.....	62
7.4.2 Formato de recopilación de datos.....	63
7.5 Técnica utilizada para medir FP.....	66
7.6 Condiciones para realizar mediciones.....	67

CAPITULO VIII: ASPECTOS RELEVANTES EN MEDICIONES DEL FP

8.1 Condiciones climáticas.....	68
8.2 Participación del consumidor en el estudio.....	69
8.3 Sectores con alto índice delictivo.....	69
8.4 Herramienta de apoyo en realización de mediciones.....	70

8.5 Limitantes económicas.....	71
8.6 Margen de error del medidor digita.....	71
8.7 Tiempo de respuesta en medición.....	72
8.8 Alineación del TM-1017.....	72
8.9 Variación de carga y enclavamiento instantáneo.....	72
8.10 Aspecto en instalaciones.....	73

CAPITULO IX: ANALISIS DE MEDICIONES EN CAMPO

9.1 Análisis de mediciones	74
9.2 Comportamiento de Factor de Potencia TO-BT por segmento.....	75
9.3 Comportamiento de Factor de Potencia T1-BT por segmento.....	79
9.4 Comportamiento de Factor de Potencia TA-BT por segmento.....	82
9.5 Comportamiento de Factor de Potencia TJ-BT por segmento.....	84
9.6 Factor de Potencia total por tarifa.....	86
9.7 Factor de Potencia total por segmento.....	87

CAPITULO X: DEMO COMPENSACION DE FP

10.1 Condensador estático o de paso.....	90
10.2 Aplicación del Demo.....	91
CONCLUSIONES.....	92
RECOMENDACIONES.....	94
GLOSARIO.....	96
BIBLIOGRAFIA.....	101
ANEXOS	
ANEXOS_CD	

Introducción

De acuerdo al concepto de ley de conservación de la energía “La energía eléctrica ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma”, capaz de manifestarse en obtención de calor, luz y movimiento. La energía eléctrica en Nicaragua presenta grandes retos a futuro para mejorar su matriz energética instalada que actualmente presenta gran dependencia de productos derivados del petróleo (bunker y diesel), provocando que usuarios soporten constantes ajustes al pliego tarifario de energía eléctrica.

Cada suministro del país presenta una demanda de energía que depende del consumo de carga instalada presente en su instalación. Estas cargas contemplan consumos de potencia activa (consumo de energía útil), potencia reactiva (energía no útil pero necesaria para establecer campos magnéticos) y potencia aparente (energía total consumida).

Cada suministro de tarifa monomía registrado en la base de datos del distribuidor de energía eléctrica DISNORTE - DISSUR se encuentra provisto de un medidor de energía activa encargado de sensar cuanta potencia activa demanda el suministro en un determinado tiempo de consumo. En el país se designa la clasificación de tarifas según normativas de ley del sector eléctrico para diferenciar a cada tipo de consumidor.

Las pérdidas de energía que presentan aparatos de consumo eléctrico debido a un bajo FP representado por un valor entre 0 y 1 determinan el aprovechamiento de la energía que se está demandando de la red eléctrica.

Los consumidores que pertenecen a la clasificación de tarifas monomía (aplicación de consumo y cargo por comercialización) serán abordados en este estudio a través del circuito de distribución que contiene la mejor representación de esta tarifa y presente las mejores condiciones para efectuar mediciones en distintos consumidores.

A partir de este punto se introducirá a un tema de sumo interés que permite una concepción más concreta del término Factor de Potencia en consumidores de tarifas monomía y como equipos de consumo eléctricos (motores, equipos de refrigeración; entre otros) inciden en el Factor de Potencia.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Realizar estudio a través de mediciones de campo para obtener datos reales que determinen el impacto de las pérdidas de energía eléctrica por bajo Factor de Potencia en consumidores de tarifas monomía con el fin de mostrar que tanta influencia tiene dicha pérdida de energía eléctrica sobre las cargas finales (consumidores)

Objetivos Particulares

1. Presentar la relación que tienen consumidores de tarifas monomía con el proceso de energía eléctrica del país.
2. Obtener y plantear información necesaria que facilite la comprensión del Factor de Potencia.
3. Realizar mediciones del Factor de Potencia en una muestra de consumidores de tarifas monomía pertenecientes al circuito de la red de distribución eléctrica nacional SMT-ASO3020.
4. Analizar los datos de Factor de Potencia obtenidos en muestra de campo de tarifas monomía del circuito SMT ASO3020.
5. Presentar conclusiones del estudio y proponer soluciones para mejorar el Factor de Potencia en consumidores de tarifa monomía.
6. Efectuar un demo donde se visualice la variación de potencia total a través de la compensación de cargas inductivas.

Justificación

La carencia de conocimiento por parte de pequeños consumidores de cómo la energía llega hasta sus hogares, obliga a este estudio plantear el proceso energético del país hasta su punto de relación más cercano al consumidor, de tal forma que se conozcan los agentes que participan en este proceso.

La problemática en costos del consumo eléctrico y las afectaciones que ocasiona el bajo Factor de Potencia son los elementos esenciales que impulsan a la realización del estudio monográfico **“Estudio de pérdidas de energía por bajo Factor de Potencia en consumidores de tarifas monomía del circuito SMT-ASO3020”**.

Con la realización de mediciones del Factor de Potencia a la entrada del servicio de energía eléctrica se da una visión concreta mediante valores reales como la energía que demandan pequeños consumidores repercuten directamente en el aumento del consumo energético.

La necesidad de crear una muestra estadística representativa en las tarifas de este circuito, ayuda a delimitar el rango de mediciones lo cual permite aminorar el tiempo de medición en campo reduciendo la cantidad de suministros a medir sin afectar la calidad de confianza en el estudio.

Con este análisis se mostrará la viabilidad de profundizar en este tema, creando parámetros que puedan ser utilizados para generar nuevas políticas de ahorro por parte de los implicados en el tema

Se efectúa un demo en el cual se ejemplifica el funcionamiento de un aparato eléctrico o medio de consumo en distintos valores de Factor de Potencia para evidenciar los beneficios que se obtienen al corregir el Factor de Potencia a través de la compensación.

Hipótesis

El Factor de Potencia está contemplado dentro de las pérdidas técnicas producidas por el efecto de la circulación de la energía en un conductor. Es decir que tanto pequeños como grandes consumidores de energía eléctrica son afectados en mayor o menor grado debido a las pérdidas por bajo Factor de Potencia en sus instalaciones eléctricas.

El valor ideal del Factor de potencia es la unidad, esto significa que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo útil, las cargas inductivas como motores y transformadores retrasan la corriente con respecto al voltaje, dando como resultado un Factor de Potencia distinto a la unidad y por consiguiente un aumento en la potencia demandada.

Mediante la medición del Factor de Potencia en consumidores de tarifa monomía asociados al circuito de la red eléctrica SMT-ASO3020 se demuestran las pérdidas e influencia del Factor de Potencia para el consumidor de tarifa monomía.

Concluido el estudio se darán propuestas para reducir dichas pérdidas de energía por bajo Factor de Potencia en consumidores de tarifa monomía. Al final se obtendrá un documento el cual sirve para orientar a consumidores acerca de la reducción de las perdidas de energía eléctrica través de la mejora del Factor de Potencia.

CAPITULO I

Proceso energético en Nicaragua

1-Proceso energético en Nicaragua

Al analizar la pérdida de energía ocasionada por bajo Factor de Potencia en pequeños consumidores surge la necesidad de abordar el proceso de energía eléctrica del país de una forma sencilla, mostrando la importancia que tiene la energía hasta llegar al consumidor final.

La interconexión del sistema energético se conoce como sistema de Interconectado Nacional (SIN), el cual se divide en tres etapas relacionadas entre sí para entregar energía eléctrica a consumidores finales, estas etapas son; Generación, Transmisión y Distribución.

1.1- Generación

La Generación en términos generales, consiste en transformar alguna clase de energía no eléctrica, sea ésta química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica. Debido a esto los países en el mundo analizan cuanta energía demanda su población para brindar el servicio eléctrico necesario mediante la instalación de plantas generadoras de energía.

En Nicaragua la generación de energía se obtiene de fuentes Térmicas, Hidroeléctrica, Geotérmica y Cogeneración. También en ciertos periodos se recurre a la importación de energía a otros países de la región para complementar la demanda. El tipo de plantas generadoras instaladas que utilizan combustibles derivados en base al petróleo para su funcionamiento representan para Septiembre de 2009 el 70% de la generación del país, ver en (Anexos_CD)

1.2- Transmisión

El transporte o transmisión de energía está a cargo de la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL). La parte de transmisión se encarga de transportar la energía de generadoras hasta la distribución, ENATREL se encuentra a cargo de todo el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y cobra un porcentaje por el uso del mismo.

Cuando unidades generadoras están disponibles y se necesita que entren en servicio al sistema eléctrico se conectan al SIN con previa autorización de ENATREL. En el SIN se encuentran subestaciones que son usadas para la transformación de tensión de energía eléctrica, estas subestaciones pueden ser; reductoras, elevadoras y de maniobras.

Las subestaciones elevadoras se encuentran dentro de las instalaciones de centrales eléctricas y aumentan el voltaje a niveles aptos para la transmisión, las reductoras se encuentran cerca de las poblaciones y consumidores reduciendo el nivel de tensión.

La línea de interconexión existente (Masaya a Liberia–Costa Rica) transporta la energía a nivel de tensión de 230KV y sirven para la compra-venta de energía con Costa Rica y Honduras. Las líneas de transmisión transportan la energía a un nivel de tensión de 138KV mientras que las líneas de Sub-transmisión transportan la energía a un nivel de tensión de 69KV. (Anexos_CD)

Al llegar estas líneas a las subestaciones reductoras los transformadores de potencia disminuyen los niveles de tensión a 13.8KV y 24.9KV respectivamente. Estos niveles de tensión salen del lado de baja tensión del transformador de potencia y llegan hasta la barra de distribución donde se conectan los circuitos de distribución de energía eléctrica.

1.3- Distribución

Las normas generadas por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el Instituto Nacional de Energía (INE) son acatadas por la empresa de capital privado Unión Fenosa conformada por DISNORTE-DISSUR siendo esta la encargada de distribución actualmente en el país, contando con seis cientos veinte mil clientes que a su vez tienen el deber de pagar por el servicio de energía eléctrica que le es suministrado.

Entre las funciones de DISNORTE-DISSUR se destaca mantener el control de todos los circuitos de distribución conectados a la barra del transformador de potencia, cada barra posee de uno a cinco circuitos de distribución encontrando en algunos casos dos barras dentro de una subestación con la capacidad de alimentar a varios municipios, sectores, barrios y clientes particulares. En un circuito Típico de distribución la energía es transportada a través de líneas primarias en tensiones de 13.8 KV o 24.9 KV hasta llegar al Centro de Transformación de distribución (CT) como se ilustra en figura (1).

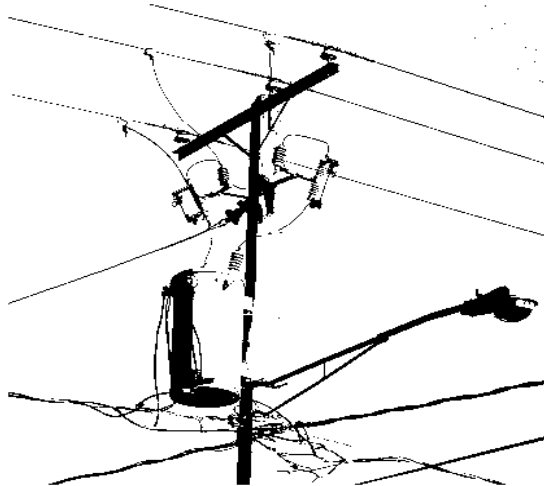


Figura 1.
Centro de transformación (CT)

En este punto se transforma la energía a niveles óptimos para su comercialización y consumo en tensiones de 120V, 240V estos niveles de tensión se obtienen en dependencia de especificaciones técnicas como capacidad instalada del transformador en KVA, tensión en primario, secundario, relación de transformación, configuración e impedancia.

Del lado de baja tensión del transformador se conecta la barra secundaria la cual esta unida al suministro de una vivienda a través de la acometida presentando como punto final el contador o medidor de energía ubicado en el suministro. Ver figura (2)

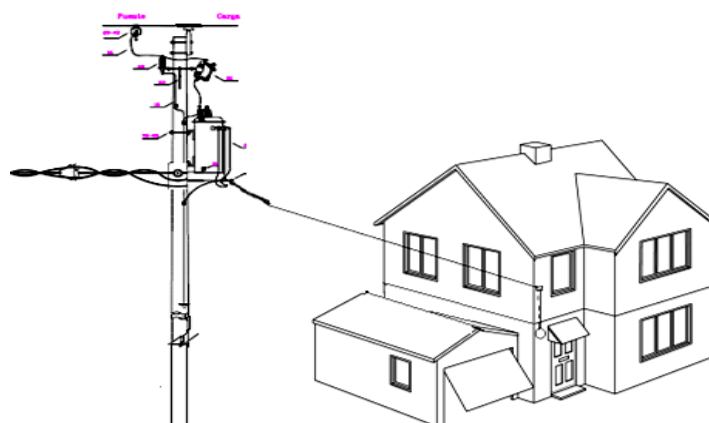


Figura 2.
Ilustración de un sistema de servicio eléctrico

Técnicamente un sistema de red de distribución aérea ramificada que representa la topología de red típica de Nicaragua, muestra la etapa final del proceso energético que tiene como propósito abastecer la demanda de los distintos consumidores siendo el CT a nivel general conocido por la población como poste de transformador.

CAPITULO II

Factor de Potencia

2- Factor de Potencia

El **Factor de Potencia** es un valor de relación entre la potencia activa y la potencia aparente o la multiplicación del Cos por el ángulo de desfase entre la corriente y el voltaje, valor utilizado para determinar que tan eficientemente aprovecha la energía un dispositivo o equipo conectado a la red de distribución eléctrica representado por la ecuación;

$$FP = P/S \quad \text{Ecuación. (1)}$$

2.1- Causa y efecto

Todo equipo de naturaleza inductiva tiene un determinado FP el cual se rige bajo la normativa de tarifas dispuesta por el Instituto Nacional de Energía (INE) comprendida en los artículos TRF6.1.4, TRF6.1.5(recargo por incumplimiento de FP), TRF6.1.6(medición del FP), TRF6.1.7(suspensión del suministro por incumplimiento del FP) la cual penaliza al consumidor que registre un Factor de Potencia menor a 0.85 y dieciocho meses después de la entrada en vigencia de esta normativa se pasará a utilizar 0.90 (para penalizar y cobrar recargo por incumplimiento del bajo Factor de Potencia la empresa de distribución eléctrica DISNORTE-DISSUR debe de instalar medición de energía reactiva).

Si bien los consumidores que se analizan en este estudio carecen de mediciones de energía reactiva, esto no significa que no presenten pérdidas de energía por bajo FP. El efecto que produce un bajo Factor de Potencia en una instalación, es el incremento de corriente a causa de mayor consumo de potencia para un equipo eléctrico. Mientras más bajo sea el Factor de Potencia, más alta será la potencia aparente total.

Los medidores instalados en cada suministro registran la potencia activa demandada por el suministro estos aparatos trabajan a través del principio del disco de inducción y flujos de corrientes, estos son utilizados por la empresa de distribución eléctrica (DISNORTE-DISSUR) que proporciona el servicio eléctrico facturando la energía eléctrica en KWh consumida por las instalaciones.

2.2- Factor de Potencia en pequeños consumidores

En Nicaragua el tema **Factor de Potencia** se considera a nivel de industria como un término de sumo cuidado por sus implicaciones económicas, siendo causante del incremento innecesario de potencia acompañado de penalizaciones regidas por la normativa del sector eléctrico del país. Cabe mencionar que actualmente existen treinta mil clientes industriales que consumen más de 500 KWh (Dato obtenido de Informe de consulta y dictamen “Proyecto de Ley especial para el uso responsable del servicio público básico de energía) siendo este consumo de potencia significativo en comparación a pequeños consumidores catalogados en este estudio dentro de las tarifas monomía. Ver (Anexos_CD)

Actualmente los pequeños consumidores presentes dentro de las tarifas monomía no se les aplican cobro por potencia reactiva ni cálculo de FP por carecer de tal medición en sus instalaciones. Solo es aplicado el consumo eléctrico y cargo básico al consumo. Los consumidores de tarifa monomía se encuentran alejados de muchos conceptos que intervienen en las pérdidas de energía por bajo FP de equipos eléctricos.

Los dueños de una vivienda son responsables del uso de distintos equipos eléctricos que utilizan para facilitar su vida cotidiana, sin embargo por su naturaleza algunos aparatos que tienen propiedades inductivas como los motores, balastos de lámparas fluorescentes entre otros.

2.3- Conceptos y Definiciones

Una forma de comprender el tema Factor de Potencia es analizar los factores que influyen en el comportamiento de éste y como diferentes tipos de potencias están directamente relacionadas a este factor.

2.3.1- Potencia Eléctrica

Es el resultado de la multiplicación de diferencia de potencial en los extremos de una carga y la corriente que circula por esta, definiendo a su vez tres tipos de potencia.

- a) Potencia Activa
- b) Potencia Aparente
- c) Potencia Reactiva

2.3.1a- Potencia Activa

Corresponde a una energía útil o potencia efectiva, o simplemente potencia. Es decir **potencia activa** es la potencia que necesita un aparato o elemento de consumo para realizar un trabajo. Se representa por la letra P y su unidad de medida es Watts (W).

$$P = VI \cos \varphi \quad \text{Ecuación. (2)}$$

2.3.1b- Potencia Aparente

El producto de corriente y voltaje es llamado **Potencia aparente**. Es también la resultante de suma de vectores gráficos de la potencia activa y la reactiva. Esta potencia se obtiene de las líneas de alimentación y se representa por la letra S , su unidad de medida es voltamperio (VA).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{Ecuación. (3)}$$

2.3.1c- Potencia Reactiva

Es la potencia que necesitan todos los aparatos que contienen inductancia para establecer campos magnéticos necesarios para su operación. Se expresa por la letra Q y su unidad de medida es volt-amperio reactivo (VAR).

$$Q = VI \operatorname{Sen} \varphi \quad \text{Ecuación. (4)}$$

2.3.2- Relación Angulo (φ) y Factor de Potencia

El ángulo (φ) representa el desfase formado por el voltaje aplicado a un equipo eléctrico y la corriente resultante, al multiplicarse por el (Cos) es llamado Factor de Potencia, determinado por la Ecuación 5.

$$FP = \operatorname{Cos} \varphi \quad \text{Ecuación. (5)}$$

Dependiendo del ángulo (φ) el FP tendrá un valor entre (0 y 1), cuando el Factor de Potencia tiende a la unidad toda la potencia consumida está siendo aprovechada para el funcionamiento del aparato es decir la potencia aparente y potencia activa tienden a un mismo valor.

En caso contrario cuando el Factor de Potencia es diferente de la unidad, parte de la potencia está siendo aprovechada y parte está siendo utilizada para establecer campos magnéticos es decir la potencia aparente y la potencia activa poseen diferentes valores. La siguiente tabla representa el comportamiento del (FP) a distintos ángulos (φ).

(φ)	$FP = \cos \varphi$
0°	1
30°	0,866
60°	0,5
90°	0

Tabla 1.
FP vs ángulo

2.3.3- Comportamiento en Aparatos Eléctricos

Los aparatos eléctricos necesitan de voltaje y corriente para realizar un trabajo de iluminación, giro de motor y un sinnúmero de funciones. El comportamiento de cada aparato comparte similitudes pero la eficiencia eléctrica en cada uno puede diferir de un equipo eléctrico a otro, a continuación se muestra en tabla 2 el comportamiento de voltaje y corriente que demanda a la red eléctrica algunos equipos eléctricos en los hogares. Buscar tabla completa en (Anexos_CD).

Descripción	Voltios	Amperios	Watts	Hrs/Mes	Kwh/mes	Kwh/día
Abanico de 10"	115	0.6	69.0	200	13.80	0.46
Lampara de sodio de 50W	120	1.5	60.0	360	21.60	0.72
Congelador 14 pies cúbicos	115	2.5	287.0	480	137.76	4.59
Micronda Mediano	120	12.5	1,500.0	12	18.00	0.60
Plancha 1000W	110	9.09	1,000.0	20	20.00	0.67

Tabla 2.
Consumo estimado de aparatos eléctricos en base a horas de uso

Todo sistema presenta una resistencia al paso de corriente debido a sus propiedades físicas internas, siendo representada por resistencia activa, reactancia capacitiva y reactancia inductiva.

2.3.3a- Resistencia Activa (R)

Es la oposición que comúnmente presentan los bombillos incandescentes y halógenos, calentadores con resistencia de alambre, planchas entre otros dispositivos al flujo de la corriente eléctrica. La resistencia activa representa lo que se denomina una “carga resistiva” en este tipo de cargas la corriente se encuentra en fase con el voltaje a un ángulos (φ).

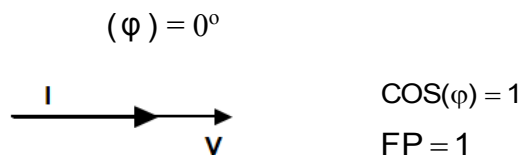
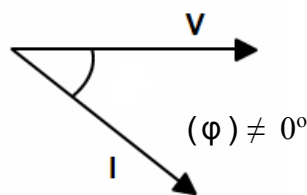


Figura 3.
Representación vectorial de corriente y voltaje en fase

Se puede apreciar como en la figura 3 el comportamiento del vector tensión en relación con el vector corriente no forman ningún desfase lo que representa el comportamiento de equipos resistivos al estar la corriente y el voltaje en fase haciendo (φ) cero grado (0°) y por consiguiente el valor del Factor de Potencia igual a uno.

2.3.3b- Reactancia Inductiva X_L

Es la oposición al flujo de corriente que presentan bobinados hechos con alambre de cobre ampliamente usado en motores eléctricos, transformadores de tensión y otros dispositivos. Esta reactancia representa una “carga inductiva” en este tipo de cargas la corriente se encuentra en desfase con respecto al voltaje.



$$\cos(\varphi) \neq 1$$

$$FP \neq 1$$

Figura 4.
Desfase de corriente en atraso respecto al voltaje

Se puede apreciar como en la figura (4) el vector voltaje se encuentra en desfase con relación al vector intensidad produciendo que este vector intensidad presente atraso respecto al voltaje, este comportamiento es característico de equipos inductivos. El ángulo es diferente de cero grado (0°) y por consiguiente como lo indica la tabla 1 a un mayor ángulo (φ) el Factor de Potencia tiende a cero.

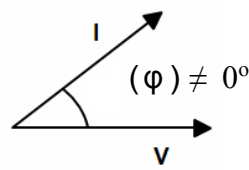
Sobre el valor de X_L influyen dos factores como; la inductancia que origina un campo magnético en oposición al flujo de la intensidad y la velocidad del cambio de la corriente. Esta velocidad es proporcional a la frecuencia de la fuente de energía donde se conecta, representado por ecuación (6).

$$X_L = 2\pi fL \quad \text{Ecuación. (6)}$$

El símbolo de inductancia es la letra (L), su unidad de medida es el Henrio (H).

2.3.3c- Reactancia Capacitiva X_c

Es la oposición que ofrece al flujo de corriente eléctrica capacitores o condensadores. Representa una “carga capacitiva” para el circuito donde se encuentra conectada, en este tipo de carga la corriente se encuentra en desfase con respecto al voltaje.



$$\cos(\varphi) \neq 1$$

$$FP \neq 1$$

Figura 5.
Desfase de corriente en adelante respecto al voltaje

En la figura (5) se puede apreciar el comportamiento de elementos capacitivos. A diferencia de elementos inductivos en este caso la corriente se encuentra en adelante con respecto al voltaje produciendo un desfase que por consiguiente tiende a un aumento del Factor de Potencia (FP).

Sobre el valor de X_c influyen dos factores. Las características propias del condensador que origina un campo electrostático en oposición al flujo de la intensidad y la velocidad del cambio de voltaje. Esta velocidad es proporcional a la frecuencia de la fuente de energía donde se conecta obteniendo la siguiente ecuación:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c} \quad \text{Ecuación. (7)}$$

El símbolo del capacitor es la letra (C), su unidad de medida es el faradio (F).

2.3.4- Impedancia (Z)

El término a tomar en cuenta en un circuito es la impedancia. Los circuitos de corriente alterna pueden estar formados por combinaciones de resistencias, reactancias inductivas y reactancias capacitivas. El efecto combinado de resistencia y reactancia se denomina impedancia, se representa con letra Z y su unidad de medida es en Ohmios (Ω).

La ecuación que representa la suma de la reactancia y la resistencia es la siguiente:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{Ecuación. (8)}$$

Al considerar solo la resistencia y el inductor se produce el efecto óhmico Impedancia denotado por la ecuación;

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad \text{Ecuación. (8.1)}$$

Al considerar solo la resistencia y el capacitor se produce el efecto óhmico Impedancia denotado por la ecuación;

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad \text{Ecuación. (8.2)}$$

2.3.5- Comportamiento de la Corriente ante la Inductancia

En un circuito eléctrico que contiene inductancia la corriente que fluye por el inductor es igual a su voltaje aplicado entre la reactancia inductiva.

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} \quad \text{Ecuación. (9)}$$

2.3.6- Comportamiento de la Corriente ante la Capacitancia

Para un circuito eléctrico que contiene capacitor. La corriente que fluye por la capacitancia es igual al voltaje aplicado entre la reactancia capacitiva.

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} \quad \text{Ecuación. (10)}$$

CAPITULO III

Consecuencias del bajo Factor de Potencia

3.1- Consecuencias

Hoy en día muchas industrias consumen grandes cantidades de potencia aparente y a su vez por la naturaleza de trabajo demandan determinada cantidad de energía inductiva. La cantidad de potencia reactiva tiene que ser considerada por el efecto que presenta el valor del FP y su control legal vigente a través de normativas eléctricas vigentes en el país.

Según la ley de tarifa eléctrica, la empresa de distribución puede aplicar sanciones económicas a consumidores a través de la normativa de tarifa TRF6.1.5 señalando en esta “Recargo por incumplimiento del Factor de Potencia” siempre y cuando el suministro cuente con medición de energía reactiva.

Para pequeños consumidores de energía eléctrica las consecuencias de un bajo Factor de Potencia son desconocidas por no presentarse cobro en la facturación por parte de la Empresa Distribuidora de energía además de no contar con medidores de energía reactiva en sus instalaciones y ser consumidores que ante la ley deben de instalárseles medidores de energía activa. Otra afectación que produce el bajo FP generalizado en un circuito de distribución es el traslado de costos de pérdidas reconocidas directamente a cada consumidor (Capítulo 2.6, TRF2.6.1 y TRF2.6.2) de normativa eléctrica vigente.

El Factor de Potencia tiene implicaciones en muchas áreas capaces de aumentar las pérdidas por; efecto joule, sobrecargas en generadores, transformadores, líneas de distribución, caídas de voltaje, incremento de potencia aparente y aumento al costo de la factura eléctrica del consumidor.

3.2- Aumento de Pérdidas por el Efecto Joule

El mencionar efecto joule se refiere a pérdidas de energía en forma de calor. Llamadas así en honor a su descubridor el físico británico (James Prescott Joule) demostrando como un conductor es afectado cuando circula por el una corriente eléctrica, provocando que parte de la energía cinética de los electrones se transformen en desprendimiento de calor debido a los choques que se producen con los átomos del material conductor por el que circulan.

Al conectar un conductor al servicio eléctrico este presenta vulnerabilidad al efecto joule, si la carga conectada provoca un bajo valor de Factor de Potencia se produce un incremento en la corriente eléctrica que ocasiona disipación de calor, teniendo consecuencias físicas en el recalentamiento del conductor y por ende deterioro del forro o aislamiento provocando corto circuito al momento de entrar en contacto con otra línea eléctricas.

3.3- Sobrecarga en Generador, Transformador y Líneas de Distribución

La sobrecarga en generadores, transformadores y líneas de distribución está ligada al exceso de corriente, cuando el Factor de Potencia es bajo sobrepasa los márgenes de operación y ocasiona que la vida útil de estos equipos se reduzca.

El bajo Factor de Potencia en consumidores que demandan energía eléctrica de la red provoca que La empresa de distribución incurra en gastos de instalación de equipos con mayor capacidad para manejar la potencia aparente demandada por los consumidores, provocando a su vez más generación de energía eléctrica para suplir esta demanda.

3.4- Caídas de Voltaje

Un bajo Factor de Potencia reduce voltaje en las instalaciones al demandar cierta cantidad de (VAr) al sistema de distribución. Cuando el Factor de Potencia disminuye internamente en las líneas se da un incremento de corriente demandada por el equipo eléctrico provocando grandes caídas de voltaje y aumento de temperatura producto de la impedancia de línea que se presenta al superar la corriente nominal del conductor dado que la caída de voltaje en la línea está ligada a la corriente que fluye multiplicada por la impedancia de línea.

3.5- Incremento en la Facturación Eléctrica del Consumidor.

La facturación eléctrica en Nicaragua está aplicada en base al consumo mensual que presenta un determinado suministro. Los consumidores con registro de energía reactiva presentan **incremento en la facturación eléctrica** a causa de un bajo Factor de Potencia al punto de caer en penalidades económicas y posteriormente suspensión del servicio por infringir el valor establecido en la normativa del sector eléctrico.

En el caso de consumidores de tarifa monomía el incremento en la facturación no es reflejado al compensar directamente equipos eléctricos conectados a una instalación por presentar por ley un medidor de energía activa instalado por la empresa de distribución eléctrica DISNORTE-DISSUR si el valor de FP es bajo ocurre un incremento de corriente innecesaria y se demanda una cantidad de energía reactiva que consume un determinado equipo eléctrico con características inductivas a la red eléctrica. Para una medición de energía reactiva se muestra un caso de estudio donde se aprecia el efecto que causa en la facturación un factor de Potencia al encontrarse infringiendo el valor establecido por la normativa eléctrica.

3.6- Primer Caso de Estudio

Datos técnicos:

Lugar: Suministro Habitacional

Dispositivo analizado: Refrigeradora de catorce pies cúbicos

Potencia efectiva: 140 W

Nivel de tensión: 120V

Frecuencia nominal: 60Hz

Factor de Potencia encontrado: 0.46

Objetivo:

- Determinar la cantidad de corriente demandada por el dispositivo con el valor actual de Factor de Potencia encontrado.
- Asumir un valor de Factor de Potencia mejorado de 0.9 para determinar el comportamiento de corriente en este dispositivo eléctrico.
- Comparar los valores de corriente encontrados.

1- Análisis:

Para encontrar la corriente demandada a la red eléctrica por el dispositivo cuyo valor de Factor de Potencia es 0.46. Se necesita plantear las siguientes ecuaciones.

$$FP = P / S \quad (1)$$

De esta ecuación se tiene el valor de Factor de Potencia (FP) y el valor de potencia efectiva (P) de tal manera que puede efectuarse un despeje matemático para obtener la ecuación (1.2) representativa de la potencia aparente (SI).

$$S = P / FP \quad (1.2)$$

Utilizando la ecuación (1.2) puede efectuarse el cálculo para encontrar la potencia aparente demandada por el aparato eléctrico.

$$S_1 = 140W / 0.46$$

$$S_1 = \mathbf{304.35\ VA} \text{ (Potencia aparente)}$$

Una vez obtenido el valor de potencia aparente puede calcularse el valor de corriente demandada aplicando la siguiente ecuación (11).

$$I = S / V$$

Ecuación. (11)

Con esta ecuación se puede encontrar el valor de corriente conociendo el dato de potencia aparente y tensión.

$$I_1 = 304.35 / 120$$

$$I_1 = \mathbf{2.54\ A} \text{ (corriente demandada con FP de 0.46)}$$

2-Análisis:

Ahora suponga una corrección en el valor de Factor de Potencia a 0.9, comprobando con este dato la cantidad de corriente demandada al suministro. Utilizando la ecuación (1.2) y la (11) se obtiene lo siguiente.

$$S_2 = P / FP$$

$$S_2 = 140 / 0.9$$

$$S_2 = \mathbf{155.55\ VA} \text{ (potencia aparente)}$$

Una vez obtenido este valor se puede calcular la corriente para el Factor de Potencia mejorado a 0.9.

$$I_2 = S / V$$

$$I_2 = 155.55 / 120$$

$$I_2 = \mathbf{1.3\ A} \text{ (corriente)}$$

Conclusión del primer caso de estudio:

El caso anterior demuestra como el mejoramiento del Factor de Potencia al variar de 0.46 a 0.9 presenta mejoras en la potencia aparente que demanda el suministro obteniendo una reducción de 148.8 (VA).

La corriente también presenta cambios significativos en su valor reflejando una reducción de 1.24 (A) cabe destacar que esta reducción en la corriente esta directa mente ligada a una reducción de las pérdidas de energía.

CAPITULO IV

Corrección del Factor de Potencia

4- Corrección del Factor de Potencia

El proceso de corregir el **Factor de Potencia** consiste en mejorar las capacidades de una determinada instalación, disminuyendo las pérdidas de energía innecesaria que producen los aparatos de consumo, con el fin de buscar la reducción en el cobro de facturación eléctrica. Esta corrección es conocida como compensación de FP, utilizando elementos capacitivos para lograr este propósito.

4.1- Análisis del Triángulo de Potencia

Una forma sencilla para analizar el comportamiento del ángulo (φ) es la utilización del triángulo vectorial de potencia, donde se puede determinar las diferentes componentes que intervienen en el desplazamiento del ángulo siendo este determinante para el cálculo del comportamiento del Factor de Potencia.

Desplazar el ángulo (φ) para reducir su abertura hasta llegar a cero grado (0°) implica la presencia de elementos capacitivos que intervienen con gran eficiencia en la corrección del desfase producido entre la corriente y el voltaje, este ángulo es multiplicado por (Cos) para determinar el valor del Factor de Potencia. La figura (6) explica el comportamiento del ángulo (φ).

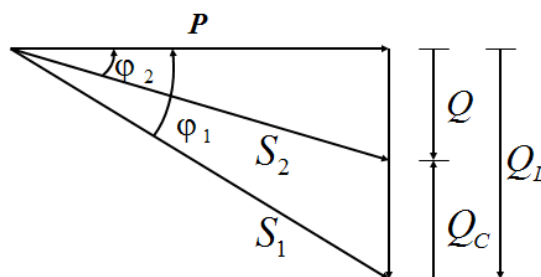


Figura 6.
Representación vectorial del triángulo de potencia

La potencia aparente (S) está conformada por la sumatoria vectorial de la potencia activa (P) y la potencia reactiva, la cual en presencia de aparatos que no sean meramente resistivos está compuesta por su parte reactiva inductiva (Q_L) y la parte reactiva capacitiva (Q_C), del triángulo de potencia anterior puede deducirse el análisis que explique la mejora del Factor de Potencia.

El valor de (ϕ_1) representa el ángulo en ausencia de elementos capacitivos, determinando el ángulo formado entre el vector (P) que comprende la energía necesaria utilizada para realizar un trabajo y el vector de potencia aparente (S_1). Cuando se agrega el elementos capacitivo (Q_C) se suministran reactivos que crean oposición a los reactivos inductivos, siendo capaz de reducir el ángulo a (ϕ_2), de esta manera se observa como el valor de Factor de Potencia tiende a la unidad y por consiguiente una mejor eficiencia en el uso total de la potencia demandada por una carga o suministro.

4.1.1- Ecuaciones obtenidas del Triángulo de Potencia

Del análisis del triángulo de potencia se extraen las siguientes ecuaciones utilizadas en cálculos de corrección del FP, estas ecuaciones son representación del $\cos(\phi)$, $\sin(\phi)$, y $\tan(\phi)$.

$$\cos\phi = \frac{P}{S} \text{ Ecuación. (12)}$$

$$P = S \cos\phi \text{ Ecuación. (12.1)}$$

$$\sin\phi = \frac{Q}{S} \text{ Ecuación. (13)}$$

$$Q = S \sin\phi \text{ Ecuación. (13.1)}$$

$$\tan\phi = \frac{\sin\phi}{\cos\phi} \text{ Ecuación. (14)}$$

$$Q = P \tan \phi \text{ Ecuación. (14.1)}$$

4.2- Condensador para corregir FP

Corregir el Factor de Potencia en un suministro implica tener conocimiento técnico del tipo de condensador a utilizar en dicha compensación, dado que es necesario realizar cálculos y mediciones reales que aporten el dato específico de la capacidad del condensador a utilizar.

La Industria Eléctrica contempla una gran variedad de condensadores pero solo un tipo de ellos es considerado para la corrección del Factor de Potencia. Estos son conocidos en el comercio como condensadores de marcha utilizados con gran frecuencia en la industria, estos dispositivos se distinguen entre sí por sus características eléctricas y aspecto físico en dependencia de los niveles de tensión y potencia que requiere un sistema sea este en baja, media o alta tensión. En la figura (7) se observa un condensador utilizado para corregir Factor de Potencia que ofrece el comercio para soluciones de compensación.



Figura 7.
Capacitor de Marcha

Los condensadores en baja tensión para frecuencias de 50 y 60 Hz tienen forma cilíndrica alargada metálica y utilizan un aislante de polipropileno, en uno de los extremos se encuentran bornes que son conectados a la red eléctrica, la placa de datos técnicos presentada por el fabricante es utilizada para conocer el rango de trabajo en que puede operar el condensador sea esta su frecuencia, tensión, capacidad, temperatura entre otros. Ubicando este en el lugar que el estudio previo estime conveniente.

4.3- Ubicación del Elemento de Compensación

Se debe ubicar el condensador en paralelo a la carga para crear el efecto de oposición al vector inductivo como se muestra en la figura (8), de no ser así el efecto provocado será de suma.

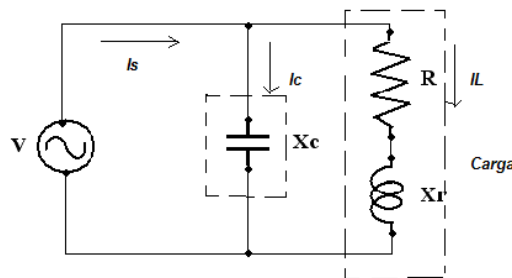


Figura 8.
Condensador paralelo a la carga

Al ubicar el capacitor en paralelo a la carga éste proporciona la cantidad de reactivos necesarios demandados, el efectuar una compensación para un solo dispositivo facilita la ubicación y mantenimiento del sistema, en caso de contar con muchas cargas o banco de cargas se vuelve un inconveniente colocar un solo capacitor para cada carga por esa razón resulta de mucha utilidad tomar en cuenta los distintos tipos de compensación.

4.4- Tipos de Compensación

Para determinar el tipo de compensación a utilizar en corrección de Factor de Potencia es necesario determinar la función que desempeña cada dispositivo o aparatos eléctricos encontrados en un suministro determinando, de igual manera la distribución o esquema eléctrico que predomina en ese suministro.

Un análisis previo a un suministro proporciona datos horarios de demanda energética, cantidad de equipos eléctricos y configuraciones entre los equipos de trabajo. Dependiendo de la ubicación de la carga, se determina la compensación individual, grupos o centralizada a utilizar.

4.4.1- Compensación Individual

Este tipo de compensación se caracteriza por instalar cargas reactivas capacitivas lo más próximo al dispositivo eléctrico de consumo. Este método es aplicado a equipos con propiedades inductivas de trabajo continuo, calculando el valor de capacitancia necesaria para una carga única y acoplándolo a la misma para entrar en funcionamiento con el dispositivo de trabajo.

4.4.2- Compensación en Grupos

Existen grupos de trabajo conformado por una cantidad considerable de dispositivos con igual potencia e igual tiempo de trabajo, con este dato se vuelve más eficiente una compensación común, al momento de revisar un capacitor dañado entre una gran cantidad de cargas. Este tipo de compensación es empleado, por ejemplo, en un conjunto notable de lámparas o luminaria.

4.4.3- Compensación Central

En algunas instalaciones el elevado número de dispositivos de trabajo aconseja realizar una corrección central auxiliada de baterías automáticas de condensadores. Varios escalones de condensadores se conectan o desconectan a través de contactores gobernados por un regulador que tiene la función de ajustar la compensación según la variación de Factor de Potencia en cada instante. A continuación se ilustra en la figura (9) un sistema de compensación central.



Figura 9.
Ilustración de sistema de compensación Central

4.5- Potencia de un Condensador en Compensación Individual

La potencia que tendrá un condensador para corregir el bajo valor de Factor de Potencia es muy importante para evitar comprar un condensador de mayor capacidad que no es necesario, otro punto importante es calcular bien la capacidad para evitar caer en errores de generar sobre compensación. Razón por la cual debe utilizarse herramientas que faciliten éste análisis y cálculo del capacitor o banco de capacitores.

4.5.1- Análisis por Formula

Un método importante es el cálculo de la capacidad del banco de condensadores a utilizar en la corrección del FP, este método se lleva a cabo a través de formulas que permiten establecer un valor numérico.

Para establecer el análisis por formula se asume el siguiente evento. Supóngase un FP de 0.46 al cual se aplica una corrección de 0.9, asumiendo que la potencia efectiva es de 140W con un nivel de tensión de 120V a una frecuencia de 60Hz, determinar el valor necesario del condensador o banco de condensadores a utilizar.

Datos:

FP inicial = 0.46

FP corregido = 0.90

P = 140 W

V= 120V

f = 60Hz

C = valor de capacitancia a encontrar

Análisis I:

De las ecuación antes analizadas se conoce que;

$$FP = \cos(\varphi)$$

$$\varphi = \cos^{-1}(FP)$$

$$Q = P \tan(\cos^{-1}(FP))$$

$$Q_T = Q_1 - Q_2$$

$$Q = P \tan \varphi_1 - P \tan \varphi_2$$

$$Q = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_T = P \tan(\cos^{-1}(FP_1)) - P \tan(\cos^{-1}(FP_2))$$

Entonces:

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(0.46) = 62.61^\circ$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(0.90) = 25.84^\circ$$

$$Q_1 = P \tan(\cos^{-1}(0.46))$$

$$Q_1 = 140W \cdot \tan(\cos^{-1}(0.46))$$

$$Q_1 = 270.23 \text{ Var}$$

$$Q_2 = P \tan(\cos^{-1}(0.90))$$

$$Q_2 = 140W \cdot \tan(\cos^{-1}(0.90))$$

$$Q_2 = 67.79 \text{ Var}$$

$$Q_T = Q_1 - Q_2$$

$$Q_T = 270.20 \text{ Var} - 67.79 \text{ Var}$$

$$Q_T = 202.40$$

$$Q = V I_C$$

$$I_C = V / X_C$$

$$Q = V^2 / X_C$$

$$C = Q / (2\pi) (V^2)$$

$$C = 37.28 \mu f$$

Este dato demuestra la capacidad necesaria en (Var) que debe tener el condensador a utilizar en la corrección del FP, para algunos requerimientos de capacitancia el comercio no ofrece valores exactos en μf por ello se sugiere realizar configuraciones de condensadores en serie, paralelo o ambas para lograr el valor deseado.

4.5.2- Análisis por tabla

Otra manera fácil y eficiente utilizada para determinar la capacidad del banco de condensadores en una situación de compensación es recurrir a la tabla del factor (f) la cual proporciona valores específicos para un sinnúmero de probabilidades de corrección, calculando la cantidad de potencia necesaria Q. Véase tabla (3).

FP Inicial	Factor de Potencia deseado						
	1	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.9
0.85	0.62	0.478	0.417	0.389	0.328	0.291	0.135
0.86	0.593	0.451	0.39	0.349	0.302	0.265	0.109
0.87	0.587	0.425	0.364	0.316	0.275	0.238	0.082
0.88	0.54	0.398	0.337	0.389	0.248	0.211	0.055
0.89	0.512	0.37	0.309	0.262	0.221	0.184	0.028
0.9	0.484	0.342	0.281	0.234	0.193	0.158	-
0.91	0.458	0.314	0.263	0.205	0.164	0.127	-
0.92	0.426	0.284	0.223	0.175	0.134	0.097	-
0.93	0.395	0.253	0.292	0.145	0.104	0.067	-
0.94	0.363	0.221	0.16	0.112	0.071	0.034	-
0.95	0.329	0.187	0.126	0.78	0.037	-	-
0.96	0.292	0.15	0.89	0.41	-	-	-
0.97	0.251	0.109	0.048	-	-	-	-
0.98	0.203	0.061	-	-	-	-	-
0.99	0.142	-	-	-	-	-	-

Tabla 3.
Factor f para encontrar reactivos

El valor de Factor de Potencia inicial que presenta el dispositivo de consumo es ubicado en la tabla (3), posteriormente se busca un valor de Factor de Potencia deseado y se anota el valor correspondiente al factor (f). Este resultado se multiplica con la potencia activa (P) obteniendo los (KVAR) necesarios para compensar. Por ejemplo para corregir el Factor de Potencia de 0.89 a 0.97 (corregido) el valor de factor (f) correspondiente es 0.262.

$$Q = P \times f \quad \text{Ecuación (18)}$$

CAPITULO V

Tarifas del servicio eléctrico

5- Tarifas del Servicio Eléctrico

La energía consumida por aparatos eléctricos tiene que ser pagada por el dueño del suministro, pero cada usuario tiene diferente nivel de consumo de energía. Por esta razón se creó la **Tarifa de Servicio Eléctrico** proporcionando un control de pago diferenciado. Es decir para cada distinto valor de consumo en un suministro existirán distintos tipos de tarifas correspondientes ó equivalente a este consumo.

Las tarifas se clasifican en régimen de precios libres y precios regulados. Los precios libres son transacciones que se efectúan sin que el Estado tenga control sobre ellas. En estas intervienen generadores y Co-generadores que aportan energía al sistema eléctrico.

El gobierno a través del INE controla el régimen regulatorio de sistemas de transporte y distribución del país. En este régimen existen diferentes tipos de costos como energía y potencia, niveles de pérdidas de energía, costos de las redes de distribución, gastos de comercialización entre otras.

Una forma de diferenciar las tarifas es asociar el parámetro de tensión y potencia demandada. Los consumidores finales pueden ser ubicado en tarifas de media tensión (tensiones de 13.8 kV y 24.9 kV) y baja tensión (120V, 240V).

5.1- Tarifas Binomia y Monomia

En el estudio se mencionan los conceptos de Tarifas Monomia y Binomia, por ser tarifas que integran el circuito muestra, cabe destacar que solo se evalúan las tarifas monomia para efecto del estudio.

5.1.1- Tarifa Binomia

En esta tarifa se recurre al cobro por demanda máxima y consumo de energía eléctrica horario estacional (invierno - verano) durante todo el año para un determinado suministro.

5.1.2- Tarifa Monomia

En esta tarifa el cobro por demanda máxima y consumo horario estacionario no son aplicados, solamente se grava el consumo de energía eléctrica y el cobro por comercialización.

5.2- Tipos de Tarifas en baja tensión

Las distintas tarifas encontradas en baja tensión, están representadas por un sinnúmero de códigos que especifican el cargo económico a que pertenecen, en dependencia del tipo de servicio demandado por el consumidor. Ver tabla (4)

TARIFAS EN BAJA TENSION 120,240,480 V			
CODIGO	CLASIFICACION DEL SERVICIO	CODIGO	CLASIFICACION DEL SERVICIO
T-O	Residencial	T-6A	Riego Binomia
T-J	Jubilados	T-6B	Riego Binomia Horaria
T-1	General Menor Monomia	T-7	Bombeo Monomia
T-3	Industria Monomia	T-7A	Bombeo Binomia
T-9	Iglesias Monomia	T-2	General Mayor Binomia
T-1A	General Menor Binomia	T-4	Industria Mediana Binomia
T-3A	Industrial Menor Binomia	T-5	Industria Mayor Binomia
T-6	Riego Monomia	T-7B	Bombeo Binomia Horaria

Tabla 4.
Tarifas en baja tensión con voltajes de 120V, 240V y 480V

Tarifas “T-0” son exclusivas para habitaciones urbanas y rurales presentan cargos por comercialización, consumo de energía y costos variables al aumentar el consumo.

Tarifa “T-A”: Esta es una tarifa alternativa para Asentamientos ilegales que perciben bajos ingresos económicos, para este tipo de tarifa los primeros 25 KWh son los de más bajo costo, gravándose el costo de forma diferenciada a medida que aumenta el consumo.

Tarifas “T1A”: Esta tarifa es la general menor y es para uso de cliente con establecimientos comerciales, oficinas, centro de salud, centro recreativo.

Tarifa “T-2”: Es catalogada como general mayor Binomia y es de usos para clientes con establecimientos comerciales, oficinas, centro de salud entre otros. con carga contratada mayor a 25KW a diferencia de “T1A” y “T-A” que es para carga contratada hasta 25KW.

Tarifas (“T-3”, “T3-A”, “T-4”, “T-5”): Comprenden diversas clasificaciones dentro de la industria la cual puede ser Industrial Menores con carga contratada hasta 25 KW, Industrial Mediana con márgenes de carga mayores a 25KW y hasta 200 KW. Industrial Mayor comprende carga mayor de 200 KW.

Tarifas T-6 y T-6A: Son tarifas destinadas para irrigación de Campos Agrícolas.

Tarifas T-7 y T-7A: Son de uso exclusivo para Actividades de Bombeo de Agua potable para uso público a baja tensión.

Tarifas T-G: Es exclusiva de Templos Religiosos independientemente del tipo de religión.

Tarifas T-J: Exclusivas para Propietarios de Domicilios Jubilados, tiene un cargo de comercialización especial y es el 50% menos que el costo de las tarifas anteriores.

5.3 – Facturación según tarifa eléctrica

El tipo de tarifa eléctrica es un parámetro fundamental para realizar la facturación de energía, esta proporciona al usuario el consumo en que incurre y los costos que conlleva. A continuación se describe el proceso y disposiciones para realizar la facturación en consumidores de tarifa monomía específicamente consumidores de tarifa TO-BT doméstico.

Según disposiciones Generales de la Normativa de Servicio Eléctrico. Cap. 6.1. La empresa de distribución eléctrica, distribuirá una factura a cada uno de sus clientes de acuerdo a la tarifa que corresponda y a lo establecido por las normativas de tarifa aprobada por el INE.

Para cada tarifa existen cargos para las prestaciones del servicio eléctrico.

- Cargo por consumo de energía (KWh)
- Cargo por demanda máxima (KW)
- Cargo por bajo Factor de Potencia
- Cargo por comercialización

La Empresa de Distribución deberá efectuar la lectura mensual de los medidores en un período de veinte y ocho días hasta treinta y tres días corridos (Normativa del Servicio Eléctrico Cap. 6.2.1).

Mediante el pliego tarifario vigente aprobado por el INE y la lectura efectuada en los medidores, se realiza la facturación del consumo de energía al usuario. La factura debe incluir el desglose en córdobas de los diferentes cargos que resulte del pliego tarifario (Normativa del Servicio Eléctrico Cap. 6.3.1).

La Empresa de Distribución solo podrá estar eximida de realizar la lectura y medición por razones de casos fortuitos (de fuerza mayor) como; huelgas, accidentes, desastres naturales. En cuyo caso podrá efectuar los valores estimados basándose en el consumo promedio de los últimos seis meses de consumo medido (Normativa del Servicio Eléctrico Cap. 6.2.2). La factura debe incluir el desglose en córdobas de los diferentes cargos que resultan del pliego tarifario vigente.

OFICINA COMERCIAL NORTE			REFERENCIA DE COBRO (SV) 2047237111		MES DE FACTURA ENERO	
DIRECCIÓN DEL SUMINISTRO EL EDEN, EL EDEN (SUC. NORTE) 3489 16 PB COSTADO SUR CINE REX						
TIPO DE CONSUMO Activa KWh BT		NÚMERO DE MEDIDOR 38746560	LECTURA ANTERIOR 4591	LECTURA ACTUAL 4764	MULTIP. 1	CONSUMO 173
PERIODO DE CONSUMO DESDE 13/12/2007 Hasta 14/01/08			TARIFA BT. DOMESTICO		TO KW CONT. 1	FACT. POT. 0.00

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA			DÍAS FACTURADOS 32	FECHA DE EMISIÓN 14/01/2008	FECHA DE VENCIMIENTO 14/01/2008
Energía	C\$/KWh	Importe	TITULAR DEL CONTRATO URTECHO V GENARO F		
25	1.2613	31.53	NUMERO DE FACTURA F12200811047432		
25	2.7172	67.93	DETALLE DE FACTURACIÓN		
50	2.8458	142.29	IMPORTE EN CORDOBAS		
3	3.761	11.28	Energía (KWh)		
70	3.9022	273.15	Alumbrado publico		
173		526.18	Comercialización		
			Recargo por Mora		
			Regulación INE		
			TOTAL FACTURADO		
			IMPORTE TOTAL		

Figura 10.
Ejemplo de factura eléctrica comercial

De la figura anterior se obtiene el dato de número de factura, fecha de emisión, vencimiento, período de consumo, carga demandada, Factor de Potencia (si existe medición de energía reactiva), lectura anterior y actual de los medidores, cargo por comercialización, regulación y alumbrado público. (Normativa del Servicio Eléctrico Cap. 6.3.2). En la figura (10) se muestran enumerados los datos de la siguiente manera;

- 1- Contiene el período de consumo, sirve para saber el intervalo de días que se facturaron en este caso: del 13/12/07 al 14/01/08.
- 2- Obtenido el período de consumo se conoce los días facturados: 32 días.
- 3- Posteriormente la factura incluye la lectura actual del mes registrada en medidores y del mes anterior. Resultando los KWh demandados en el mes mediante una resta de lecturas.

$$(\text{Lectura actual} - \text{lectura anterior}) = \text{KWh}$$

$$4764 - 4591 = 173 \text{ KWh}$$

Los 173 KWh se dividen entre el número de días facturados para saber la cantidad consumida de KWh por día.

$$173 \text{ KWh} / 32 \text{ Días} = 5.4 \text{ KWh/Día}$$

La figura (10) muestra los días facturados en el mes de Diciembre (19 días) y los facturados del mes de Enero (13 días). Por ciclo de facturación el día 14 de Enero no se incluye y si se incluye el día 13 de diciembre, esto se debe a que el lector toma la lectura del medidor el último día de consumo a tempranas horas de manera que no se refleja el consumo de todo ese día. Por ello se incluirá en el primer día de la próxima facturación. Posteriormente los días facturados de cada mes se multiplican por los 5.4 KWh/Día para obtener la cantidad de KWh consumidos por cada mes.

$$19 * 5.4 \text{ KWh/Día} = 102.6 \text{ KWh en Diciembre}$$

$$13 * 5.4 \text{ KWh/Día} = 70.2 \text{ KWh en Enero}$$

- 4- En este punto se desglosa los 102.6 KWh correspondiente al mes de diciembre y se multiplican por el costo correspondiente del pliego tarifario vigente. en este caso se utiliza el pliego aprobado para el mes de Diciembre del 2007.

Código	Descripción	Energía (C\$/KWh)
T-0	Primeros 25 KWh	1.2613
	Siguientes 25 KWh	2.7172
	Siguientes 50 KWh	2.8458
	siguientes 400 KWh	3.761
	Siguientes 500 KWh	5.9737
	Adicionales 1000 KWh	7.346

Tabla 5.
Pliego tarifario correspondiente a Diciembre 2007 para tarifa TO-BT

$$25 \text{ KWh} * 1.2613$$

$$25 \text{ KWh} * 2.7172$$

$$50 \text{ KWh} * 2.8458$$

$$3 \text{ KWh} * 3.761$$

De igual manera los 70.2 KWh correspondiente al mes de enero se desglosan y se multiplican por el costo del pliego tarifario vigente, para este caso se utiliza el pliego del mes de Enero del 2008.

Tarifa	Descripción	Energía (C\$/KWh)
T-0	Primeros 25 KWh	1.3686
	Siguientes 25 KWh	2.8192
	Siguientes 50 KWh	2.9526
	siguientes 400 KWh	3.9022
	Siguientes 500 KWh	6.198
	Adicionales 1000 KWh	7.6218

Tabla 6.
Pliego tarifario correspondiente a Enero 2008 para TO-BT

- 5- En este punto se obtiene el consumo de energía correspondiente al mes de Enero del 2007 representando un consumo de 173 KWh que equivalen a C\$ 526.18 Córdobas.
- 6- Muestra el desglose de los cargos para la tarifas T0-BT sumados al consumo; comercialización, alumbrado público, regulación del INE y morosidad de factura pendientes, de encontrarse en deuda con la empresa.

Energía (KWh)	C\$/KWh	Importe	Mes
25	1.2613	31.53	Diciembre
25	2.7172	67.93	
50	2.8458	142.29	
3	3.761	11.28	
70	3.9022	273.15	Enero
Total			
173		526.18	

Tabla 7.
Distribución del cobro según tarifas correspondiente al mes

5.3.1- Segundo caso de estudio (Facturación del FP en Consumidores)

A continuación se muestra como la Empresa de Distribución realiza el cálculo para el recargo de Factor de Potencia en suministros que tienen medición de energía reactiva cuyo valor de FP es inferior al límite establecido.

Datos técnicos:

Nis: 2566544 Factura: Septiembre 2007.

Consumo de Energía Activa -----**178117**

Consumo de Energía Reactiva -----**117157**

Objetivo:

- Determinar el cálculo para el recargo de FP a través de la factura eléctrica.
- Conocer las implicaciones económicas del FP en consumidores con medición de energía reactiva.

Factor Calculado:

Formula obtenida de Medición (DISNORTE - DISSUR)

COS [ATAN (Reactiva/Activa)]

Sustituyendo formula en Excel:

COS [ATAN (117157 / 178117)]

Diferencia = Factor Permitido - Factor Calculado al cliente

0.85 - 0.84

Diferencia = 0.01

Cálculo en C\$ del Recargo por bajo Factor de Potencia

RECARGO = (Valor C\$ Energía Activa + Valor C\$ Demanda) * 0.01

Valores obtenidos de la factura

Valor C\$ Energía Activa = C\$ 352,138.50

Valor C\$ Demanda = C\$ 135,089.78

RECARGO = C\$ 352,138.50 + C\$ 135,089.78

RECARGO = C\$ 487,228.28 * 0.01

RECARGO = C\$ 4,872.28

PAGO TOTAL = **C\$ 492,100.56**

En este caso para un FP de 0.84 se presenta un incremento en el costo total a pagar por el consumidor de C\$ 4,872.28

CAPITULO VI

Circuito Muestra

6.1- Circuito elegido

La Red de Distribución Eléctrica Nacional posee actualmente ciento setenta y nueve circuitos que abastecen de energía eléctrica a seis cientos veinte mil consumidores registrados en Nicaragua. Al abordar el tema **“Pérdidas de energía debido a bajo Factor de Potencia en consumidores de Tarifas Monomía”** es necesario evaluar las características de cada uno de los circuitos de distribución, definiendo el más idóneo y representativo para llevar a cabo el estudio Monográfico.

Una gran cantidad de circuitos brinda una amplia gama de consumidores con distintos tipos de tarifa eléctrica y diferentes valores de Factor de Potencia producto de la diversidad de sus instalaciones eléctricas. De tal manera que resulta de sumo cuidado la elección del circuito muestra.

El circuito elegido pertenece al departamento de Managua debido a que en este radica la mayor parte de la población del país y por ende la mayor cantidad de circuitos (setenta), está compuesto principalmente por consumidores de tarifa monomía (97.36%), es geográficamente accesible y posee puntos capitalinos de referencia.

Mediante la información obtenida en Base de Datos de Instalación (BDI), software propiedad de la empresa de distribución eléctrica DISNORTE - DISSUR es posible hacer una consulta gráfica y alfanumérica de los elementos que posee el circuito extrayendo así un reporte detallado en Excel con los datos que se desea obtener de la red eléctrica nacional, así como sus correspondientes tipos de consumidores siendo ésta una herramienta esencial en el estudio para seleccionar el circuito SMT-ASO3020 como circuito muestra.

6.2- Característica General del Circuito SMT-ASO3020

Para un mejor entendimiento los circuitos de distribución están representados por matriculas establecidas sobre una base de códigos y nomenclaturas eléctricas que presentan características y posición del interruptor de potencia dentro de una subestación. Como se aprecia en figura (11)

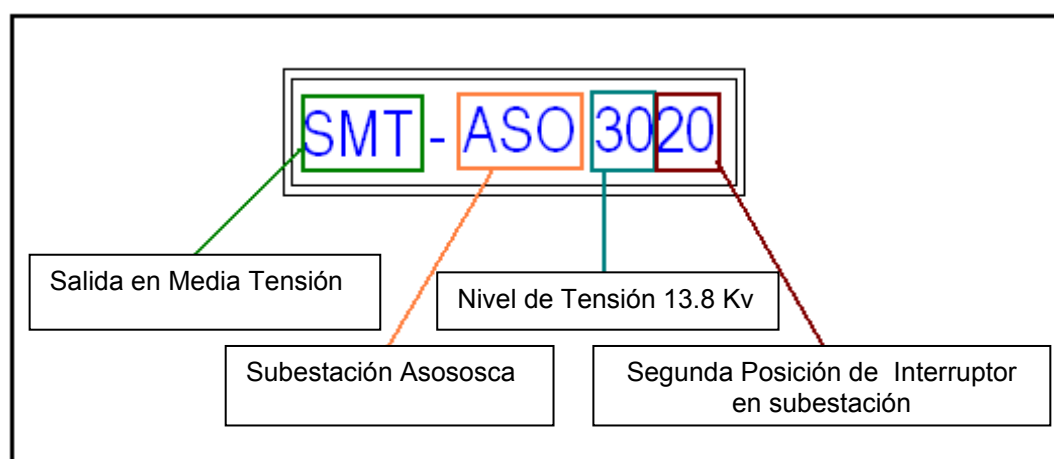


Figura. 11
Matricula del circuito muestra

El circuito SMT-ASO3020 pertenece a la subestación Asososca ubicada en el Km 5 carretera sur frente al hospital Psiquiátrico de Managua, dentro de la subestación se encuentran tres posiciones de media tensión destinando la segunda posición al circuito analizado. El nivel de tensión para este circuito es de 13.8 KV y proporciona energía eléctrica a los siguientes sectores y puntos capitalinos de referencia: Bo. Dinamarca, Batahola Norte, Jardines de Managua, Edgar Lang, William Díaz, Martha Quezada, Residencial Las Palmas, sector norte de Bolonia, Antiguo banco popular, universidad UCEM, UCYT, Semáforos del Guanacaste, Semáforos de Montoya, Cine Cabrera, Parque del Carmen, Canales de televisión 4 y 21, Radios 580, La Primerísima y sectores aledaños.

6.3- Adquisición de datos del circuito SMT-ASO3020

Para realizar un estudio estructurado es recomendable recabar todos los datos e información relacionada, en ocasiones los datos suelen ser numerosos y complejos. En este estudio la información perteneciente a cada consumidor obtenida de la base de datos de instalaciones (BDI) propiedad de la Empresa de distribución DISNORTE – DISSUR mediante el cual se obtiene el plano del circuito SMT-ASO3020.

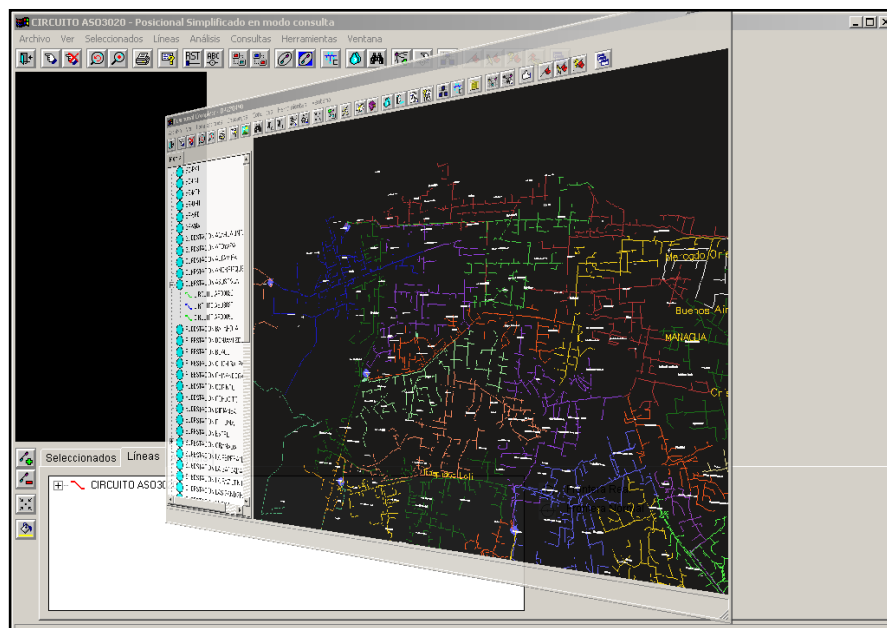


Figura 12.
Módulo de operaciones

Mediante el módulo de operaciones software que contiene alta versatilidad gráfica para vigilar y gestionar averías en la red eléctrica de media tensión, complementado con SCADA (Sistema de control y adquisición de datos) se obtiene la representación gráfica de ciento cuarenta y nueve Centros de Transformación (CT) del circuito, estos se encuentran ubicados sobre la línea troncal y derivadas, presentando una extensión de 14km de red eléctrica. Obteniendo de igual manera la información perteneciente a cada consumidor de la Base de Datos de Instalación (BDI).

6.4- Condiciones para obtener Muestra Estadística del Circuito

La extensión del circuito y la cantidad de dos mil novecientos cincuenta y nueve consumidores registrados implica crear estrategias y condiciones que faciliten el estudio estructurado de la información. En SMT-ASO3020 los consumidores registrados se encuentran distribuidos en doce tipos de Tarifas distintas creando el universo del circuito. Ver tabla (8).

Tarifa	Consumidores
T0 BT Domestico	2202
T1 BT Gral. Menor Monomia	508
T2 BT Gral. Mayor Binomia.S M/H	49
T3 BT Industrial Menor Monomia	44
T4 BT Indust.Mediana Binomia.S M/H	3
T8 BT Alumbrado Publico	3
T8A BT Alumbrado Publico	7
T9 BT Iglesia	14
TA BT Domestico	31
TB BT General Menor Monomia	1
TJ BT Jubilados	96
TPA BT Gral Menor Monomia	1
Total	2959

Tabla 8.
Universo de Tarifas del “SMT-ASO3020”

6.4.1- Esquema de reporte en BDI

Al consultar la Base de Datos de Instalación BDI se puede obtener una gran cantidad de datos específicos de consumidores; como CT a que pertenecen, NIS, nombre, apellido, tipo de tarifa, dirección. Véase tabla (9).

Item	Tarifa	Nombre	Apellido 1	NIS	CT	Ubicación
1	TO-BT Domestico	Rosa	Valdivia	2113656	5525_61064	Shell 27 mayo ms
2	TO-BT Domestico	Silvia	Meléndez	2113683	5525_61064	Central Sandinista1e1ms
3	TO-BT Domestico	Ambrosio	Ruiz	2113691	5525_61064	Casa obrero 2s 2me

Tabla 9.
Ejemplo de reporte de BDI en Excel

6.4.2- Depurado de Tarifas del Circuito

Del universo de tarifas del circuito es necesario excluir a consumidores privados con servicio trifásico, Centro de Transformación que contiene un solo consumidor, tarifas con un solo consumidor y consumidores con tarifa binomia que no son representativas para el estudio. Dando como resultado un total de ciento cincuenta y un consumidores excluidos. Buscar información completa en (Anexos_CD).

6.4.3- Representación de Tarifas Monomía

El total de consumidores de tarifas monomía a evaluar es de dos mil ochocientos ocho, distribuidos en cinco tipos de tarifas como se presenta en la figura (13).

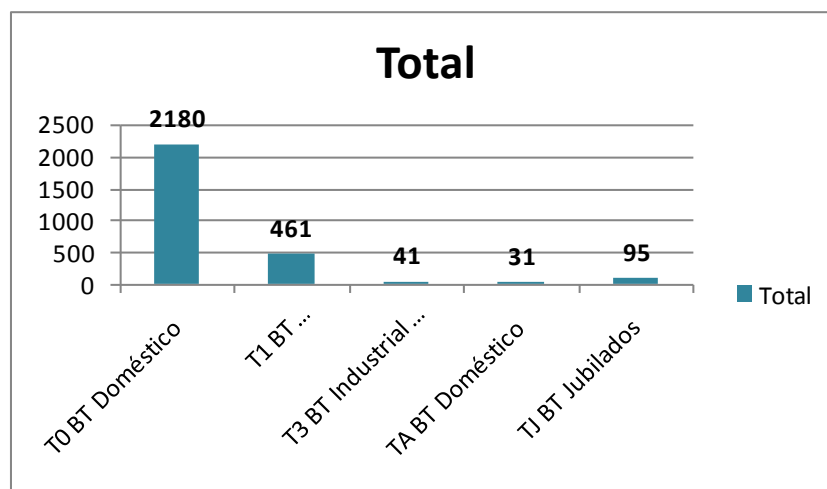


Figura 13.
Tarifas monomía a evaluar en “SMT-ASO3020”

Los consumidores representados por TO-BT Doméstico, T1-BT General menor monomía, T3-BT Industrial menor monomía, TA-BT Doméstico y TJ-BT Jubilado conforman la representación de Tarifas monomía a evaluar.

Por medio del diagrama de pastel Fig. (14) se visualiza en forma porcentual la cantidad de consumidores a evaluar.

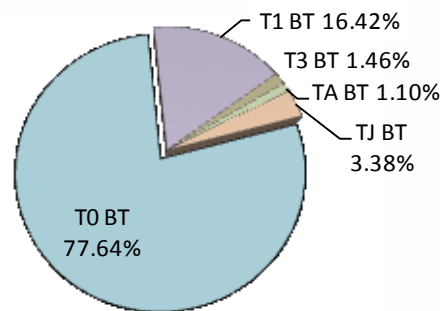


Figura 14.
Porcentaje de consumidores por tarifa monomía en “SMT-ASO3020”

En la figura (14) se aprecia como las tarifas domésticas TO-BT representan el 77.64% de todas las tarifas monomía del circuito, presentando el mayor peso porcentual en el estudio. A través de tabla (10) se establece la cantidad de consumidores que pertenecen a cada tarifa obteniendo un valor total de dos mil ochocientos ocho consumidores registrados.

Tarifa	Consumidores
T0 BT Doméstico	2180
T1 BT Gral.Menor Monomía	461
T3 BT Industrial Menor Monomía	41
TA BT Doméstico	31
TJ BT Jubilados	95
Total	2808

Tabla 10.
Cantidad de consumidores por tarifa monomía en “SMT-ASO3020”

6.5- Obtención de Muestra Representativa

El obtener una muestra estadística permite reducir la cantidad de mediciones a efectuar, además ayuda a disminuir costos y esfuerzo en que incurre el estudio, proporcionando una muestra representativa.

6.6- Diseño de Muestra

Estadísticamente **N** representa el tamaño de la población a muestrear, la población total que conforma este estudio es dos mil ochocientos ocho consumidores pertenecientes a tarifas monomía dentro del circuito “SMT-ASO3020” determinando el valor de ($N = 2808$).

6.6.1- Muestreo Irrestringido Aleatorio y Aleatorio Estratificado

Un diseño básico o técnica de muestreo es el “Muestreo Irrestringido Aleatorio” y “Muestreo Aleatorio Estratificado”. Del método irrestringido se obtiene el tamaño de la muestra (n) requerido para representar el total de consumidores con tarifa monomía. Por consiguiente la muestra representa un estimador de medias totales y proporción de población (N). La ecuación (19) representa el tamaño de una muestra dentro de un universo.

$$n = \frac{N(p)(q)}{(N-1)D + pq} \quad \text{Ecuación. (19)} ; \quad D = \frac{B^2}{4} \quad \text{Ecuación. (20)}$$

Donde:

n : Es la muestra a ser calculada

N : Es el Universo

p : Es cantidad de acierto (0.5)

q : Es cantidad de desacierto (0.5)

B : Es la probabilidad de error (0.05)

El margen valido de error para un buen estudio es 10%, La ecuación anterior utiliza un margen de error del 5%, al aplicarlo se obtiene una muestra (n) con un mínimo margen de error tendiendo estadísticamente a la verdad.

Solución:

$$n = \frac{2808 (0.5)(0.5)}{(2808 - 1) 6.25 \times 10^{-4} + (0.5)(0.5)}$$

$$D = \frac{(0.05)^2}{4} = 6.25 \times 10^{-4}$$

$$n = \frac{702}{2.004375} = 350.23 \cong 350$$

$$n = 350$$

Una vez obtenido el valor (n) que representa toda la muestra del circuito se debe distribuir en todas las tarifas monomía, para ello se aplica un método del muestreo aleatorio estratificado llamado método de asignación de muestra, después de haber elegido el tamaño de la muestra (n) se divide en tamaños individuales (n_1, n_2, n_3) usando una asignación proporcional para presentar una cantidad específica de información. El número de elementos de cada estrato afecta la cantidad de la información en la muestra, debido al tamaño de la muestra (n_1, n_2, n_3) debe de ser proporcional a los tamaños de los estratos (N_1, N_2, N_3) denotado por la siguiente ecuación.

$$n_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^L N_i} = n \frac{N_i}{N} \quad \text{Ecuación. (21)}$$

En este punto es necesario dividir la muestra en pequeñas porciones que tendrán representación en cada tarifa generando una distribución que es proporcional a la muestra. Conteniendo cada una cierta cantidad de consumidores que serán tomados como estratos.

Entonces:

$$n_1 = T0 BT \quad n_3 = T3 BT \quad n_5 = TJBT$$

$$n_2 = T1 BT \quad n_4 = TABT$$

$$N_1 = 2180 \quad N_3 = 41 \quad N_5 = 95$$

$$N_2 = 461 \quad N_4 = 31$$

Una vez obtenidos estos valores se aplica la ecuación de asignación de muestra para cada una de las tarifas, donde el valor (n) que representa los trescientos cincuenta consumidores de tarifa monomía se multiplica por el resultado de la división de cada estrato N_i y la sumatoria total N. al obtener el peso específico correspondiente a la muestra (n=350) se recomienda dejar dos decimales y verificar el resultado realizando la suma de los pesos específicos.

$$n = 350 \quad \text{Aplicando la Ecuación. (21)}$$

$$N = 2808$$

Obtenemos:

Consumidores

$$T0 BT = \frac{2180}{2808} = 0.78 \longrightarrow \text{Multiplicar por 350} \longrightarrow 273$$

Consumidores

$$T1 BT = \frac{461}{2808} = 0.16 \longrightarrow \text{Multiplicar por 350} \longrightarrow 56$$

Consumidores

$$T3 BT = \frac{41}{2808} = 0.02 \longrightarrow \text{Multiplicar por 350} \longrightarrow 7$$

Consumidores

$$TA BT = \frac{31}{2808} = 0.01 \longrightarrow \text{Multiplicar por 350} \longrightarrow 4$$

Consumidores

$$TJ BT = \frac{95}{2808} = 0.03 \longrightarrow \text{Multiplicar por 350} \longrightarrow 10$$

Consumidores Totales = 350

Una vez aplicada la ecuación se logra obtener el total de consumidores por cada tarifa, delimitando la cantidad exacta de consumidores a evaluar con una proporción de distribución equitativa en todas las tarifas de la muestra. De manera que se disminuyen las mediciones del Factor de Potencia en el circuito sin afectar la calidad de la información a recabar. La tabla (11) muestra la cantidad de consumidores a medir por cada tarifa después de aplicado el método de estratificación.

Tarifa	Consumidores
T0 BT Domestico	273
T1 BT Gral. Menor Monomia	56
T3 BT Industrial Menor Monomia	7
TA BT Domestico	4
TJ BT Jubilados	10
Total	350

Tabla 11.
Consumidores a medir en campo

CAPITULO VII

Estrategia de medición de FP

7.1- Formación de Estrategia

Mediante cálculos anteriores se obtiene la cantidad específica que corresponde a cada tarifa, sin embargo el circuito muestra tiene una diversidad de consumidores que abarcan gran cantidad de barrios y puntos capitalinos como se muestra en figura (15). Por consiguiente la muestra de trescientos cincuenta suministros puede estar distribuida en un único barrio y no necesariamente representa el comportamiento del Factor de Potencia en tarifas monomía dentro del SMT-ASO3020. Debido a esto los consumidores a medir tienen que estar distribuidos a lo largo de todo el circuito.

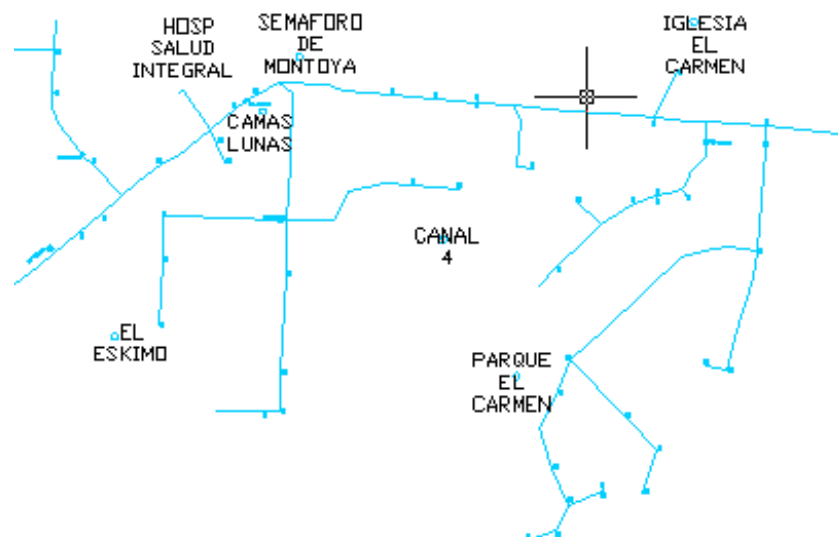


Figura 15.
Ilustración de puntos capitalino SMT-ASO3020

Una estrategia relativamente sencilla para lograr la distribución a lo largo de todo el circuito es a través de un sorteo donde estén presentes los 2808 consumidores, cada uno dentro de su respectiva tarifa de manera que al

extraer la muestra esta sea geográficamente más dispersa y represente a las tarifas monomía del circuito.

7.2- Distribución de Consumidores en cada Tarifa del Circuito

Para distribuir los consumidores a evaluar dentro de cada tarifa del circuito se utiliza el sorteo al azar, con el fin de tener de forma aleatoria la distribución geográfica.

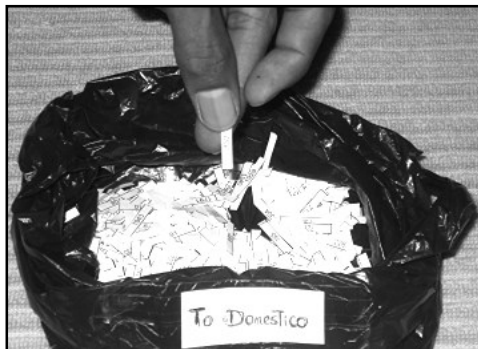


Figura 16.
Momento del sorteo al azar en tarifas domesticas

Al realizar el sorteo se asigna un número a cada consumidor registrado el cual pertenece a un determinado Centro de Transformación, esto se realiza en los cinco tipos de tarifas monomía. Las extracciones dependen de la asignación proporcional a que corresponde la muestra, por ejemplo en las tarifas TO-BT se necesita extraer doscientos setenta y tres consumidores del total de dos mil ciento ochenta.

Efectuado el sorteo, es esencial asociarlo al Centro de Transformación a que pertenece el consumidor, cabe destacar que cada Centro de Transformación se encuentra identificado a través de un código reflejado en puntos específicos del plano del circuitos permitiendo analizar la concentración de consumidores en un determinado Centro de Transformación, obteniendo la

información de ubicación geográfica, acceso y características generales del consumidor. Ver información completa en (Anexos_CD).

7.3- División del Circuito en Segmentos Geográfico

El circuito eléctrico de Managua SMT-ASO3020 consta de una compleja distribución de red eléctrica que incorpora Centros de Transformación ubicados en puntos estratégicos diseñados por el área de arquitectura de red de la Empresa de Distribución Eléctrica del país. Estos Centros de Transformación poseen un código de referencia que aporta en gran medida su ubicación en la red eléctrica del circuito de Managua SMT-ASO3020.

Una vez aplicado el método estadístico para extraer la muestra representativa del circuito, los CT se reducen de ciento cuarenta y nueve a ochenta y dos Centros de Transformación conteniendo las distintas tarifas planteadas en la muestra y asociadas al servicio de energía eléctrica.

A través del diagrama de ubicación de red eléctrica de figura (17) montado sobre la base cartográfica de barrios y sectores que comprende parte del distrito dos y tres de la capital es posible apreciar la dificultad del análisis global para el circuito.

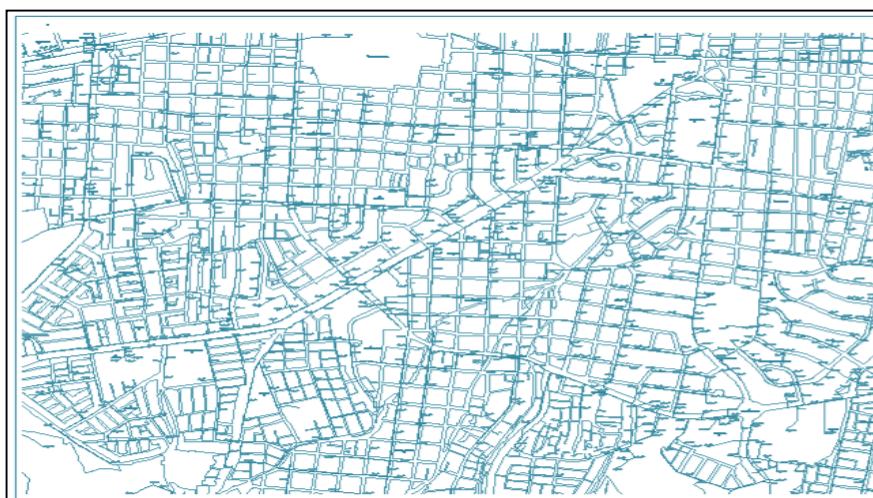


Figura 17.
Plano cartográfico del circuito SMT-ASO3020

Elaborado por Danilo Ramírez y Genaro Urtecho

La ubicación de estos Centros de Transformación extraídos al azar presenta una dispersión representativa en toda la extensión del circuito permitiendo al estudio una mayor comprensión del comportamiento del Factor de Potencia en consumidores evaluados.

El Centro de Transformación ubicado sobre la línea de red en el plano cartográfico se convierte en el primer punto de enfoque del estudio porque al no estar seguro del lugar a medir se puede caer en el error de regresar a un mismo punto o peor aun desperdiciar mucho tiempo ubicando un Centro de Transformación.

En este punto la logística juega un papel esencial al utilizar la estrategia de dividir el plano del circuito “SMT-ASO3020” en segmentos no necesariamente uniforme entre sí pero seccionados geográficamente se mejora ampliamente dos puntos importantes que son; visión exacta de ubicación y logística del recorrido, dando como resultado la formación de cuatro segmentos.

7.3.1- Primer segmento

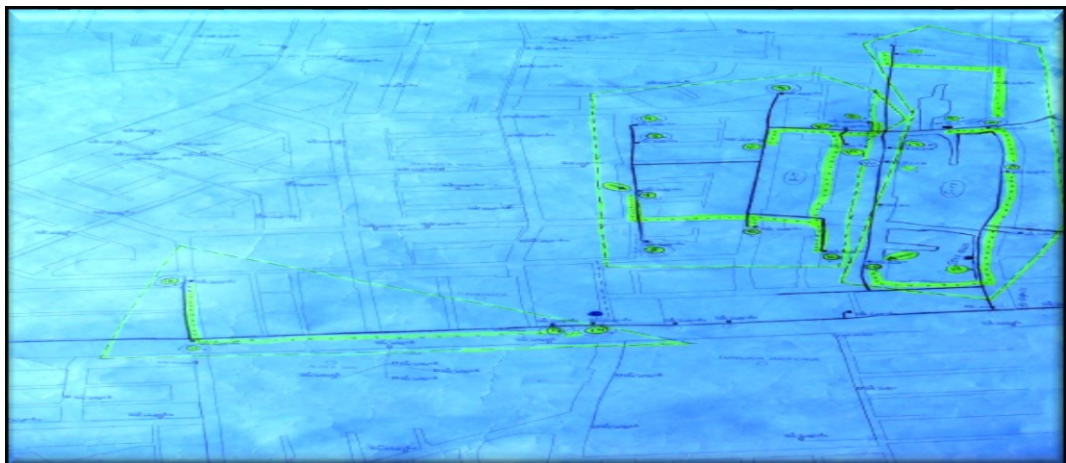


Figura 18.
Mapa de ubicación del primer segmento

El primer segmento del circuito abarca la red eléctrica desde la subestación Asososca hasta la calle que va de los semáforos del Guanacaste hacia el norte buscando Linda Vista conteniendo los siguientes barrios; Batahola Norte, Dinamarca, Jardines de Managua, Edgar Lang y Anexo Edgar Lang.

Obtenido el primer segmento es determinante estructurar el recorrido de las mediciones formando en este circuito tres cuadrantes que contienen los Centros de Transformación a tomar en cuenta en este segmento, es recomendable subrayar el recorrido para evitar pasar por lugares ya abordados, mejorando los tiempos de medición.

Otro punto importante es memorizar bien el segmento para estar enfocado en el lugar donde se encuentra ubicado. Para este segmento se destaca la importancia de realizar mediciones a tempranas horas por la complejidad de callejones y el índice delictivo que presentan los barrios que serán abordados en este segmento. En tabla (12) se presenta la información concerniente a éste.

Datos		Cantidad
CT Ubicados		22
consumidores a evaluar		99

Tarifas evaluadas	Cantidad
Representacion TO-BT	91
Representacion T1-BT	3
Representacion TA-BT	2
Representacion TJ-BT	3

Representacion del 100% de cada tarifa		
33.33	%	
5.36	%	
50	%	
30	%	




Tabla 12.
Datos del primer segmento

En el primer segmento la cantidad de Centros de Transformación es de veintidós, de un total de ochenta y dos, con una concentración de noventa y nueve consumidores distribuidos en cuatro tarifas obteniendo representación porcentual dentro de cada una de sus tarifas descrita en la tabla (12).

7.3.2- Segundo Segmento

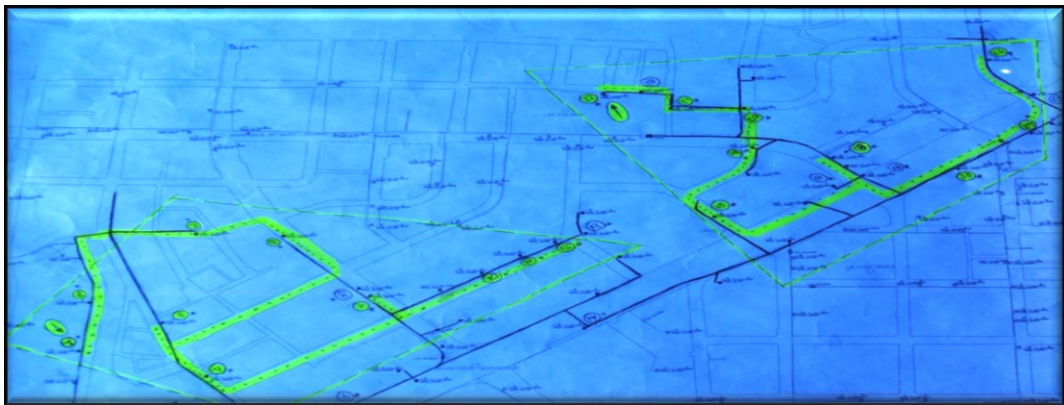



Figura 19.
Mapa de ubicación del segundo segmento

El segundo segmento abarca el área de semáforos de Guanacaste hasta cercanías de los semáforos de Montoya, contemplando lugares como Residencial las Palmas, Anexo las Palmas y sectores de referencia como el antiguo Canal Seis de televisión.

El segmento contiene dos cuadrantes de ubicación de Centros de Transformación y además se subraya el recorrido de un punto hacia otro con una lógica que va de oeste a este. La zona presenta mejores condiciones de seguridad por la alta concentración de pequeños negocios y medianos negocios bancos y micro financieras con vigilancia contratada a excepción del costado norte de la Iglesia las Palmas que plantea mediciones de sumo cuidado.

A continuación se muestra a través de la tabla (13) los datos obtenidos del segundo segmento.

Datos		Cantidad
CT Ubicados		19
consumidores a evaluar		71
Tarifas evaluadas		Cantidad
Representacion TO-BT		57
Representacion T1-BT		13
Representacion T3-BT		1



Representacion del 100% de cada tarifa			
	20.88	%	
	23.21	%	
	14.29	%	

Tabla 13.
Datos del segundo segmento

Para este segundo segmento se destaca una cantidad de diecinueve Centros de Transformación del total de ochenta y dos para una medición de setenta y un consumidores concentrados en tres tarifas que son; TO-BT, T1-BT, T3-BT con una cantidad de consumidores y un porcentaje de representación del total de cada una de las tarifas.

7.3.3- Tercer segmento

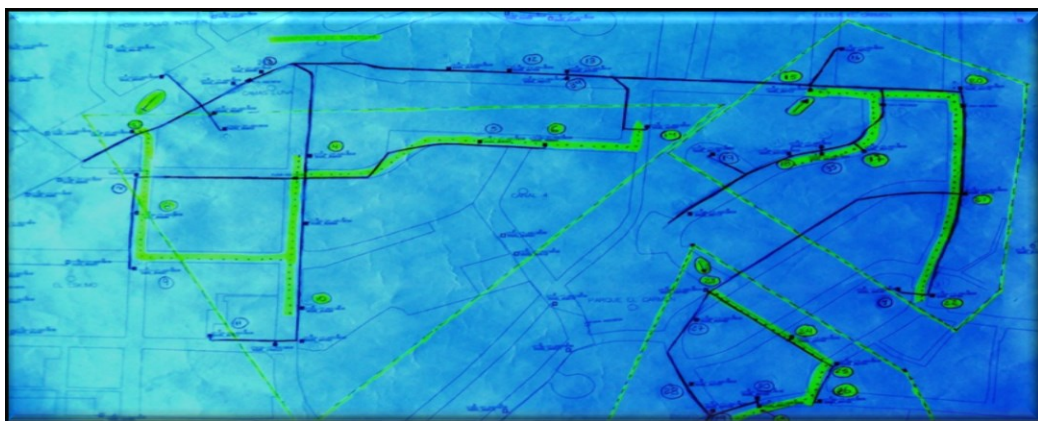


Figura 20.
Mapa de ubicación del tercer segmento

El tercer segmento abarca parte del sector de Las Palmas, Reparto el Carmen, alrededores del parque el Carmen, cercanías a Camas Luna, Canal Cuatro de Televisión y otros sectores de comercio. Este segmento está dividido en tres cuadrantes según la ubicación de Centros de Transformación presentando la peculiaridad de una mayor dispersión entre Centros de Transformación teniendo que recorrer mayores distancias de un Centro de Transformación a otro.

El lugar presenta zonas de alta seguridad por su cercanía a la secretaria del partido de gobierno de momento, contando además con sectores de comercio que presenta mucha afluencia de personas. A través de la tabla (14) se puede apreciar el comportamiento de la muestra para este tercer segmento.


		
Datos	Cantidad	
CT Ubicados	19	
consumidores a evaluar	64	
Tarifas evaluadas	Cantidad	Representacion del 100% de cada tarifa
Representacion TO-BT	40	14.65 %
Representacion T1-BT	20	35.61 %
Representacion T3-BT	1	14.29 %
Representacion TJ-BT	3	30 %

Tabla 14.
Datos del tercer segmento

De la tabla anterior se obtiene diecinueve Centros de Transformación para un total de sesenta y cuatro consumidores. Dispersos en cuatro tarifas TO-BT, T1-BT, T3-BT, TJ-BT. Cabe destacar que la tarifa T1-BT presenta una cantidad de veinte consumidores a evaluar reflejando en el este sector una muestra considerable de servicios T1-BT.

7.3.4- Cuarto Segmento

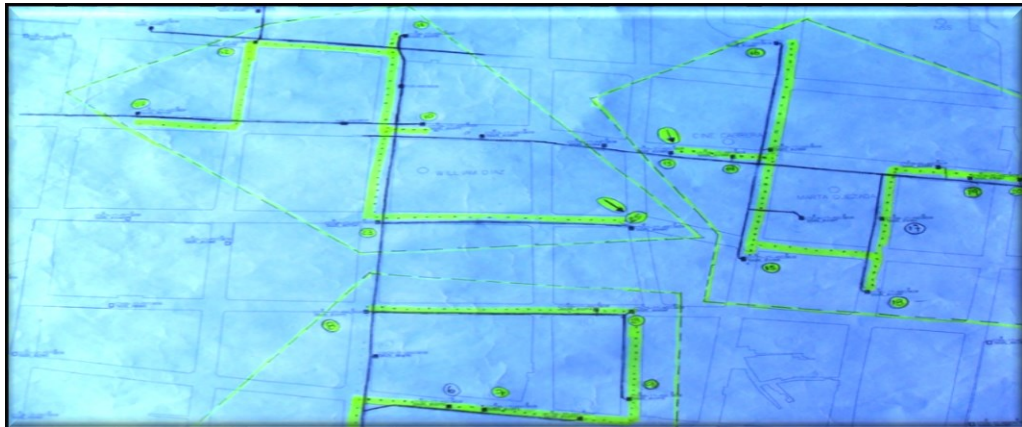


Figura 21.
Mapa de ubicación del cuarto segmento

El cuarto segmento comprende parte del distrito dos y tres de Managua abarcando barrios y lugares como; William Díaz, Martha Quezada, alrededores de Tica Bus y alrededores de Canal Dos de televisión. Este segmento está organizado en tres cuadrantes de ubicación de Centros de Transformación cada cuadrante consta de su respectivo diseño de recorrido para maximizar el tiempo de medición, cabe destacar que este segmento presenta sectores de alta peligrosidad y por ende se debe tener un mayor cuidado en el recorrido.

La movilidad que proporciona la red para este segmento del circuito es buena pero se debe tener cuidado por la cantidad de vehículos en algunos sectores. En este sector existe una buena mezcla de negocios y casas de habitación particular, mejorando la obtención de datos de medición de Factor de Potencia.

A través de la tabla (15) se puede apreciar el comportamiento de la muestra para este segmento y como los valores muestran la dispersión de tarifas representadas.

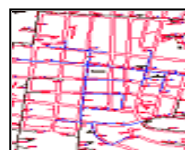
Datos		Cantidad	
CT Ubicados		22	
consumidores a evaluar		116	
Tarifas evaluadas		Cantidad	Representacion del 100% de cada tarifa
Representacion TO-BT		85	31.14 %
Representacion T1-BT		20	35.71 %
Representacion TA-BT		2	50 %
Representacion TJ-BT		4	40 %
Representacion T3-BT		5	71.43 %

Tabla 15.
Datos del cuarto segmento

En el cuarto segmento la concentración de Centros de Transformación es de veintidós con una representación de ciento dieciséis consumidores a evaluar dispersados en las cinco tarifas de la muestra. Cabe destacar que este segmento presenta obtención de muestra para todas las tarifas representativas de este estudio a diferencia de los otros tres segmentos. La representación porcentual del total de cada una de las tarifas para el segmento se plantea en la tabla de datos anterior.

Al evaluar este circuito se necesita de mucha logística de ubicación y recorrido de la red eléctrica. La distribución por segmento para un circuito que comprende 14km de red es una de las formas más eficientes de ubicación, ayuda a mejorar la organización del recorrido, controla mejor los tiempos del recorrido, mejora el planteamiento de metas de medición, proporciona datos específicos en el comportamiento de dispersión de muestra a través de los Centros de Transformación evaluados y la concentración de tarifas eléctricas en el circuito SMT- ASO3020.

7.4- Preparación preliminar de mediciones

Los consumidores a medir son trescientos cincuenta, en cada uno se recolecta datos eléctricos en la acometida o panel interno de distribución en dependencia de las facilidades encontradas en el sistema eléctrico que presente cada suministro.

La persona encargada de realizar las mediciones debe tomar las medidas de seguridad necesarias, aplicando el método más eficaz que permita agilizar el proceso de recolección de datos. Para ello se debe contar con un dispositivo que permita obtener valor de FP con el mínimo margen de error y rapidez en obtención de datos.

7.4.1- Dispositivo para medir FP

El dispositivo portátil que presenta las mejores cualidades para realizar mediciones de FP, tensión, corriente, potencia aparente, activa, reactiva en el campo es el Medidor Digital (Digital Clamp Meter) de la línea TENMARS modelo TM-1017. Ver Hoja de datos en (Anexos_CD).



Figura 22.
Dispositivo de medición digital TM-1017

7.4.2- Formato de Recopilación de Datos

Las recolecciones de datos implican en este caso utilizar tres formatos de recopilación de datos y un formato de información general de consumidores. El tener formatos específicos sirve de herramienta útil en la ubicación, localización de CT y registro de consumidores a medir. Las siguientes figuras muestran los formatos utilizados en mediciones de campo.

El diagrama muestra un formulario de recopilación de datos con las siguientes partes:

- 1:** Logo de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- 2:** Título del formulario: SEGUNDO SEGMENTO-FORMATO MEDICIONES.
- 3:** Datos de identificación: SMT- ASO3020 y 5525- 62644.
- 4:** Código de ubicación en el plano: # 4.
- 5:** Encabezado de la tabla: Tabla 1- Datos del consumidor.
- 6:** Columna de la tabla: Item.
- 7:** Columna de la tabla: Tarifa.

Item	Tarifa	NIS	NOMBRE
1	TO-BT		
2	TO-BT		
3	TO-BT		
4	TO-BT		
5	TO-BT		
6	TO-BT		
7	TO-BT		
8	TO-BT		
9	TO-BT		
10	TO-BT		

Figura 23.
Primer formato de mediciones

- 1) Logo de Universidad Nacional de Ingeniería
- 2) Ubicación del segmento
- 3) Código del CT
- 4) Código de ubicación en el plano
- 5) Nombre del consumidor
- 6) Tarifa a que pertenece el consumidor
- 7) Número de identificación de suministro

La figura (24) muestra los campos de voltaje para 120V y 240V donde la corriente dependerá del valor de tensión medido es decir, a 120V se tendrá un valor de corriente I_1 y en tensiones de 240V se deberán medir dos valores de corriente en este caso I_1 e I_2 obtenido de cada fase, de igual forma se obtiene para una o dos fases el valor de FP.

Tabla 2- Datos de Medición						
Item	Voltaje		Corriente		Factor de Potencia	
	120V	240V	I_1	I_2	FP1	FP2
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Figura 24.
Segundo formato de mediciones

La figura (25) recopila datos de características generales del medidor como marca y tipo (analógico o digital), potencia activa y aparente siendo estas dos últimas los valores del que depende el FP en una determinada instalación.

Item	Medidor	Potencia Activa		Potencia Aparente		
	Marca	Tipo	KW1	KW2	Kva1	Kva2
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Figura 25.
Tercer formato de mediciones

La figura (26) brinda la información general de cada consumidor registrado en un CT, conteniendo su nombre, apellido, NIS y ubicación resultando de gran utilidad al momento de encontrar y comprobar que pertenecen a la muestra.

SEGUNDO SEGMENTO-FORMATO DE CLIENTES				
	SMT- ASO3020	5525-	62644	
TO-BT DOMESTICO			# 4	
Nombre	Apellido	NIS	Ubicación	
JOSE DANIEL	MEDENCE	2517070	Semafaros Guanacaste 1CO MN	
JOSE MARIA	CHAVEZ	2517075	Semafaros Guanacaste 1CO MN	
GLADYS	MAYORGA	2105658	CHEVRON 1C Y 20 VN	
PETRONA LU	CORTEZ	2517069	Semafaros Guanacaste 1CO MN	
ELENA	CENTENO	2105620	EDGAR LANG CC 3S60VO	
PEDRO JOSE	ALONSO	2515500	SHELL MCN	
BEATRIZ	CASTILLO	2105707	CHEVRON 1N	
FRANCISCO	MEMBREQO	2105637	Shell Km 4 Carr. S 2N 20 Vrs E F-17	
SANTOS	OSORNO	2105633	ELS CS 2S 50VE	

Figura 26.
Formato de información general

El proceso para realizar mediciones no es tan complejo pero debe realizarse de forma estructurada, para evitar inconvenientes y factores que imposibiliten llevarlo a cabo en un tiempo estimado. Tomando en cuenta principalmente que el gasto en que incurre la medición será proporcional al tiempo que dure la recopilación en cada suministro.

Una vez descrito el proceso de obtención de datos la recopilación de estos datos se inicia de forma ordenada y con logística necesaria de tal manera que la recolección de la información en campo conlleve al análisis eficiente de todos los datos obtenidos.

7.5- Técnica Utilizada Para Medir FP

Las mediciones de campo, son una herramienta útil para unir los conceptos teóricos planteados con la realidad. Como es de imaginar la recolección de datos en campos no es una tarea fácil porque además de lidiar con todos los factores que conllevan realizarlas se debe tener en cuenta el riesgo de exposición física al interactuar directamente en este caso con la electricidad.

Para evitar inconvenientes se debe contar con la técnica adecuada para realizar dichas mediciones, ya que los sistemas eléctricos que poseen los consumidores que participan del estudio en su mayoría son sistemas eléctricos deficientes que incurren en un análisis previo por parte del personal encargado de realizar las mediciones en campo.

En este caso las mediciones se realizan utilizando el dispositivo mencionado anteriormente para medir FP, el dispositivo debe ubicarse de forma específica al momento de realizar la medición.



Figura 27.
Ilustración forma de medición FP

La figura (27) ilustra como las puntas del medidor se colocan una en la línea común o neutra y otra en la línea de fase auxiliada por accesorios como pinzas que se insertan en las puntas para sujetar y hacer contacto directo con el conductor, al mismo tiempo se ubica el Clamp en la fase de forma alineada.

La forma para medir el FP, puede ser explicada de la siguiente manera;

- Seleccionar la posición W en el dispositivo
- Abrir Clamp y colocarlo en la fase quedando alineado
- Colocar las puntas del medidor en fase y neutro respectivamente
- Enclavar el dato con la función D-H
- presionar botón FUNC hasta obtener datos de FP

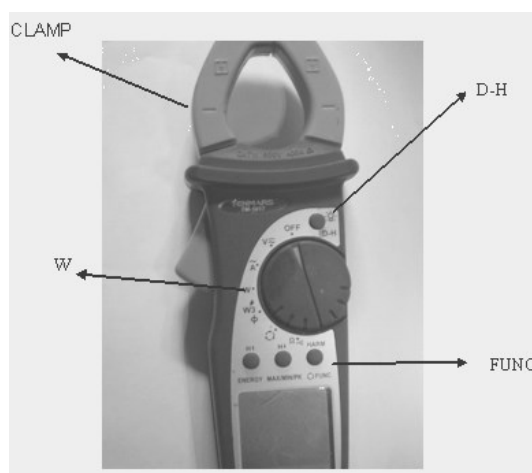


Figura 28.
Opciones del TM-1017 para medir FP

Al presionar la función FUNC se obtienen tres datos que son FP, potencia aparente y potencia activa. Una vez tomado este valor, se anexan los valores de voltaje, corriente, obtenidos del mismo dispositivo.

7.6- Condiciones para realizar mediciones

Cabe destacar que las mediciones se realizan manipulando conductores de energía eléctrica y por ende estas se rigen por las condiciones de precaución eléctrica. Las condiciones más óptimas deben presentarse con la total ausencia de humedad, evitar el contacto eléctrico a través de equipo aislante y tener alto grado de precaución al momento de realizar la medición.

CAPITULO VIII

**Aspectos relevantes en
mediciones del FP**

8- Aspectos Relevantes en Mediciones del FP

Al momento de realizar las mediciones del **Factor de Potencia** en el circuito de distribución capitalino “SMT-ASO3020” debe tomarse en cuenta los aspectos que intervienen en la recopilación de datos obtenidos en distintos consumidores dueños de vivienda, establecimiento, talleres, pequeñas empresa entre otros. Dando como resultado condiciones que en su mayoría no pueden ser cuantificadas y por consiguiente son expresadas en términos cualitativos.

- Condiciones climáticas
- Participación del consumidor en el estudio
- Sectores con alto índice delictivo
- Herramientas de apoyo en la realización de mediciones
- Limitantes económicas
- Margen de error del medidor digital
- Tiempo de respuesta de medición
- Alineación del TM-1017
- Variación de carga y enclavamiento instantáneo
- Aspecto en instalaciones

8.1- Condiciones climáticas

El clima es una condición importante al hacer mediciones en instalaciones eléctricas a la intemperie. El periodo de estación seca reduce las probabilidades de dañar el equipo de medición digital utilizado en campo, de igual forma deben cumplirse recomendaciones generales de no interactuar con la electricidad en presencia de humedad por el riesgo de descarga eléctrica que ocasiona al personal encargado.

8.2- Participación del Consumidor en el Estudio

Una condición importante para realizar las mediciones eficientemente en el menor tiempo posible, es la participación indispensable del consumidor del cual depende la culminación satisfactoria de las mediciones. Sin la autorización del consumidor se limitan las posibilidades de medición en el suministro al encontrarse dificultades para acceder a las instalaciones eléctricas a medir.

Las mediciones se efectúan en la parte exterior o interior del suministro dependiendo de la facilidad que presente la instalación. El abordar a un consumidor para realizar una medición puede tomar entre cinco a quince minutos sin embargo obtener los datos con el medidor digital lleva tan solo minuto y medio.

La impresión de confianza que debe generarse tiene que estar apoyada con documentación que certifique la veracidad del estudio, contando además con una preparación previa acerca del tema. En el estudio se obtiene el consentimiento de trescientos veintidós consumidores medidos demostrando así un gran interés por la investigación.

8.3- Sectores con Alto Índice Delictivo

La topología geográfica que presenta el circuito abastece de energía eléctrica a ciertos sectores con un índice delictivo considerable ocasionando inseguridad y percances al personal encargado de las mediciones y equipo de medición. Por ello se debe estar geográficamente ubicado en todo momento y realizar las mediciones a tempranas horas del día en estos sectores.

8.4- Herramientas de Apoyo en Realización de Mediciones

La logística es determinante en la ejecución de las mediciones, pero las herramientas de apoyo son un complemento de gran utilidad en el campo de la medición, tomando importancia al momento de resolver problemas que solo pueden ser solucionados si el encargado de la obtención de datos se encuentra bien equipado.

Lo más recomendable es contar con el mayor equipo posible pero dado las circunstancias de movilidad en el campo la necesidad de equipo se resuelve con lo necesario, previendo condición que puedan ser solucionadas en el momento, Para no caer en pérdida de tiempo que conlleve a atrasos en cronograma de las mediciones.

8.5- Limitantes Económicas

Es de vital importancia tomar en cuenta las limitantes económicas al realizar un estudio de este tipo. Por ello es recomendable hacer un presupuesto básico que refleje el gasto en que se incurre tanto antes como después de las mediciones. Para la realización de las mediciones se contó con un presupuesto de tres mil novecientos cuarenta y tres córdobas netos. Ejecutando el presupuesto en el periodo comprendido entre Diciembre dos mil ocho a Febrero dos mil nueve.

8.6- Margen de Error del Medidor Digital

Los datos de Factor de Potencia obtenido en base a mediciones de campo realizadas en catorce días del mes de Febrero de Dos mil nueve se encuentran disponibles en la base total de datos (Anexos_CD).

El margen de error que presenta el TM-1017 es de más menos tres grados eléctricos según especificaciones técnicas, esto implica que para un Factor de Potencia de 0.60 que equivale a un desfase de 53.13 grados eléctricos en condiciones no deseable se puede obtener una lectura de 0.64 que equivale a 50.20 grados.

Aunque parece significativo este margen de error de 0.04 para grandes consumidores con medición de energía reactiva cuyo FP permisible es de 0.85. En la realidad este error suele presentarse con el deterioro del equipo y las condiciones de la medición. En este estudio la mayoría de las mediciones están entre 0.01 – 0.02 margen de error, proporcionando una buena resolución de la medición obtenida.

8.7- Tiempo de respuesta de medición

El tiempo de respuesta que posee el medidor digital TM-1017 según especificaciones técnicas es de un segundo lo cual brinda una mayor rapidez al tomar el dato en comparación con otros equipos que se encuentran en el comercio.

8.8- Alineación del TM-1017

La técnica correcta para obtener una buena resolución y estabilidad de la lectura es mantener alineadas las marcas del Clamp con la fase o conductor al momento de realizar la medición.

8.9- Variación de carga y enclavamiento instantáneo

Hay que destacar que existen variaciones de carga producto de manipulación de entrada y salida de los distintos aparatos de trabajo cotidiano, a través de interruptores. Mostrando en algunos casos por lógica que las lecturas no tienen relación, obligando a efectuar nuevamente la medición.

Una herramienta útil que posee el aparato de medición es el enclavamiento de lectura, siendo capaz de mantener una lectura obtenida en la memoria del dispositivo para un determinado instante de tiempo. Teniendo así mayor facilidad de apreciación del dato de potencia activa, Factor de Potencia, potencia aparente entre otros.

8.10- Aspecto en Instalaciones

La numerosa variedad de suministros que conforma el circuito muestra, hace tener aspectos, condiciones e instalaciones distintas entre sí. Estas diferencias están marcadas por deficiencias en acometidas sulfatadas, producto de roses entre uniones del mismo conductor y humedad entre otros.

Otro aspecto visible que se encuentra en las deficientes instalaciones es la corrosión de los conductores y los numerosos empalmes sin aislamiento que presentan las instalaciones internas del suministro, presentándose algunos la ausencia de interruptores de seguridad o panel central de distribución eléctrica.

Al momento de percatarse que la condición para medir en la acometida no es segura y presenta complicaciones, el encargado de medición debe dirigirse al panel central y tomar desde ese punto los datos que desea obtener teniendo un sumo cuidado de no ocasionar un cortocircuito al momento de utilizar las puntas del aparato de medición.

CAPITULO IX

Análisis de mediciones en campo

9.1- Análisis de Mediciones

En este punto es evidente la importancia de una buena planificación de recolección de datos la cual tiene su base de éxito en las estrategias de medición del Factor de Potencia (capítulo VIII) de este documento, reduciendo los tiempos de ordenamiento de información para su posterior análisis. El ordenamiento se efectúa en libros de Excel, agrupando cada dato en su respectivo orden según planteamientos establecidos en el formato de recolección de datos. Véase (Anexos_CD).

La muestra determina medir a trescientos cincuenta consumidores (350) con un margen de error del cinco por ciento (5%) distribuidos en cinco (5) tarifas del circuito SMT-ASO3020. Una vez realizadas las mediciones de campo se obtiene la medición de trescientos veintidós (322) consumidores los cuales representan el noventa y dos por ciento (92%) del total de la muestra aumentando el margen de error en valor despreciable que no tiende al 6%, aclarando que la muestra valida permisible para un estudio de esta magnitud tiene que permanecer dentro del diez por ciento (10%) representando el porcentaje medido y no medido a través de la figura (29).

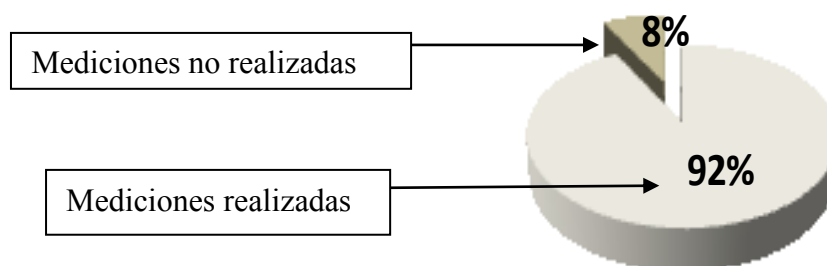


Figura 29.
Porcentaje de mediciones

El gráfico representa trescientos veintidós consumidores que corresponden al 92% de la muestra que brindaron su autorización para ser parte del estudio y un 8% restante que presentó distintas condiciones ajenas a la planificación del estudio.

La cantidad de veintiocho (28) consumidores representados por el ocho por ciento (8%) de consumidores no medidos se encuentra distribuido de la siguiente manera; El dos por ciento (2%) representa la tarifa monomía T3-BT conformada por siete (7) mediciones no registradas por las siguientes consideraciones encontradas en el campo véase (Anexos_CD). El restante seis por ciento (6%) se encuentra distribuido en las restantes cuatro (4) tarifas.

Una vez obtenida y analizada la muestra se organizan los datos en un solo libro de Excel para analizar las diferentes variables mediante tablas dinámicas que determinen promedios y comportamientos. Véase (Anexos_CD). Con el análisis de los datos se obtiene la información necesaria para establecer el valor de pérdida por Factor de Potencia que presentan consumidores agrupados dentro de las tarifas monomía del circuito SMT-ASO3020.

Los consumidores abordados en las mediciones brindan las condiciones necesarias para conocer el comportamiento que tiene el Factor de Potencia en sus instalaciones permitiendo obtener datos claros de las tarifas monomía del circuito SMT-ASO3020, representado por un conglomerado de viviendas, negocios, asentamientos entre otros; que forman parte de los típicos consumidores de energía Nicaragüense.

9.2- Comportamiento de Factor de Potencia TO-BT por segmento

El análisis del estudio evalúa el comportamiento del Factor de Potencia reflejado para la tarifa TO-BT en cada uno de los segmentos. Estos datos se encuentran organizados en la tabla (16).

Promedio Factor Potencia	
TO-BT	Total
1	0.77
2	0.77
3	0.69
4	0.79

Tabla 16.
Medición FP promedio para TO-BT por segmento

Los datos obtenidos para el primer segmento muestran como el nivel de Factor de Potencia promedio es de 0.77 para una cantidad de noventa y un suministros, para el segundo segmento el promedio de Factor de Potencia es de 0.77 con una concentración de cincuenta y siete consumidores, para el tercer segmento el valor de Factor de Potencia promedio es 0.69, esta cantidad de cuarenta consumidores refleja el dato más bajo de Factor de Potencia en comparación al resto de segmentos, se observa como el cuarto segmento con un promedio de 0.79 y una cantidad de ochenta y cinco consumidores obtienen el valor más alto de Factor de Potencia obtenido para la tarifa TO-BT por segmento.

Los datos obtenidos demuestran que los cuatro segmentos de la tarifa TO-BT presentan valores de Factor de Potencia relativamente bajos en comparación con el valor ideal y el reflejado en la normativa del servicio eléctrico. Este comportamiento es apreciado a través del gráfico de la figura (30).

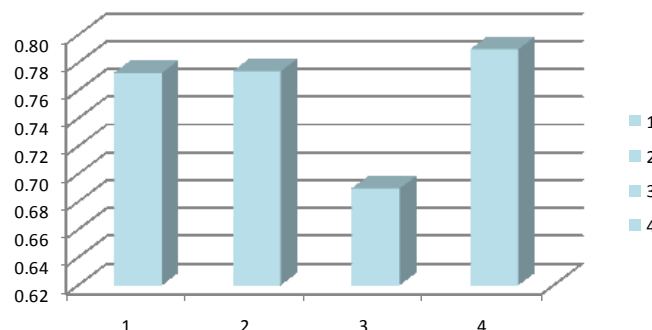


Figura 30.
Representación de TO-BT por segmento

El gráfico anterior denota como el segmento tres presenta el nivel más bajo de Factor de Potencia para la tarifa TO-BT presentando en su mayoría instalaciones eléctricas con pérdidas por bajo Factor de Potencia.

El análisis determina los datos de Consumo y el Importe obtenidos de cada suministro con relación al mes de febrero. El promedio de consumo por segmento perteneciente a la tarifa TO-BT se encuentra entre valores de 112.79KWh y 208.69KWh en dependencia del segmento que se analice. La tabla (17) concentra datos obtenidos.

	Datos Febrero		
TO-BT	Consumidores	Promedio de Consumo (Kwh)	Promedio de Importe en Cordobas
1	91	112.79	330.03
2	57	127.58	420.47
3	40	174.95	655.25
4	85	208.69	878.68
Total	273	154.85	567.39

Tabla 17.
Consumo e importe para tarifas TO-BT

De la tabla anterior se obtiene información importante que refleja cómo con mediciones del primer segmento hasta el cuarto segmento se incrementa el consumo, este comportamiento se debe a la calidad de suministros observados, el poder adquisitivo de aparatos eléctricos de uso cotidiano en los hogares es más notorio en el tercer y cuarto segmento según confirmación en campo. Por esta razón se presenta un importe de ochocientos setenta y ocho córdobas promedio para el cuarto segmento en el mes de febrero.

De la misma tabla se obtiene el dato de importe y consumo promedio total para toda la tarifa monomía TO-BT representada en este circuito, permitiendo establecer un promedio de consumo de 154.85KWh al cual le corresponde un importe de 567.39 córdobas para el mes de febrero.

Con datos obtenidos en la tabla anterior es visualizado en el gráfico de barras de la figura (31) el promedio de consumo e importe a pagar por parte de los consumidores de esta tarifa para el mes de febrero presenta un incremento notable desde el segmento uno hasta el cuarto, determinando que el cuarto y tercer segmento demandan más energía y mayores costos económicos ligados a esa demanda para la tarifa TO-BT.

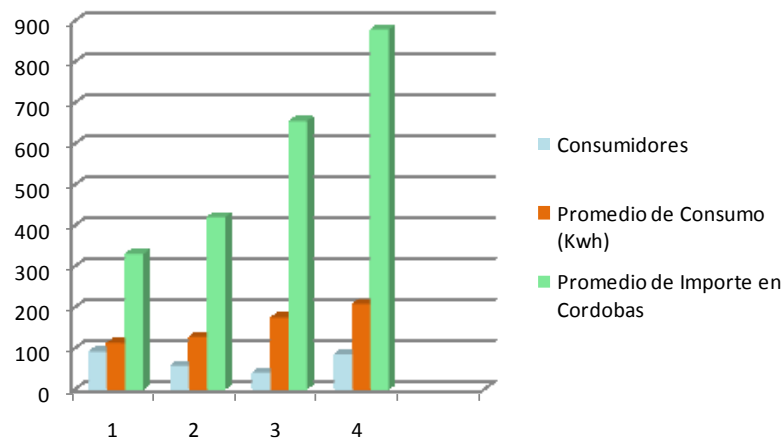


Figura 31.
Representación de TO-BT consumo e importe por segmento

Los resultados anteriores reflejan como, los consumidores de uso doméstico que se encuentran distribuidos de manera casi uniforme en el circuito SMT-ASO3020 presentan un Factor de Potencia, consumo e importe el cual tiende a distintos valores en dependencia de las características propias de cada suministro según la carga, ubicación o características económica.

Los consumidores de tarifa domestica que pertenecen al cuarto y tercer segmento presentan el consumo e importe más alto e igualmente el mayor poder adquisitivo dadas las condiciones e instalaciones que presentan, sin embargo de corregir el Factor de Potencia de 0.79 y 0.69 respectivamente a un valor de 0.95, la reducción de pérdidas en las líneas debido a Factor de Potencia será de 30.84% y 47.24% respectivamente, produciéndose una reducción significativa. Por otra parte aunque en el primer y segundo segmento el consumo es menor, el FP es de 0.77 lo cual produce una pérdida de energía considerable.

9.3- Comportamiento de Factor de Potencia T1-BT por segmento

La Representación Estadística en esta muestra para la tarifa T1-BT es de cincuenta y siete consumidores totales. La tabla (18) brinda la información del comportamiento del Factor de Potencia para esta tarifa, iniciando el análisis para primer segmento con un promedio de Factor de Potencia de 0.59 abordando a tres consumidores, para el segundo segmento se realizan mediciones en trece suministros con un promedio de $FP = 0.49$, siendo este el más bajo entre los cuatro segmentos, para el tercer segmento se presenta un valor promedio de 0.52 con una concentración de veinte consumidores, para el cuarto segmento se tiene un valor de $FP = 0.65$ con una participación de veinte consumidores.

Promedio Factor Potencia-ab	
T1-BT	Total
1	0.59
2	0.49
3	0.52
4	0.65

Tabla 18.
Factor de potencia en T1-BT

Se puede apreciar en esta tabla como, los datos promedios de Factor de Potencia para esta tarifa son bastante bajos en comparación con el estipulado en la normativa de tarifa dispuesta por el INE y el valor ideal cercano a la unidad.

En esta tarifa se puede apreciar como el voltaje instalado es de 240V respectivamente. Mediante las observaciones en campo los suministros pertenecen a consumidores con un poder adquisitivo de equipos eléctricos bastante elevado, presentan pérdidas que deben resultar considerables al momento de demandar energía eléctrica.

Para mejorar la visualización del comportamiento del **Factor de Potencia** en esta tarifa se utiliza el gráfico de barras de la figura (32), donde se muestra como el segundo y tercer segmento son los más afectados. Cabe destacar que todos los valores promedios para cada segmento están muy por debajo de los valores deseados para un buen funcionamiento y aprovechamiento.

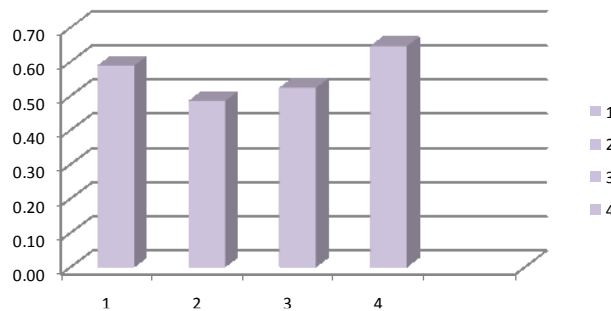


Figura 32.
Representación de T1-BT por segmento

Determinado el comportamiento del **Factor de Potencia** se agregan dos elementos más que son consumo e importe referido al mes de febrero y agrupados en la tabla (19) para la tarifa T1-BT en este circuito. La demanda de energía de esta tarifa es más elevada que la TO-BT y por consiguiente el importe promedio también incrementa en relación al consumo como se muestra a continuación.

	Datos_ Febrero		
T1-BT	Consumidores	Promedio de Consumo (Kwh)	Promedio de Importe en Cordobas
1	3	585.67	2,752.99
2	13	502.00	2,361.08
3	20	267.60	1,294.03
4	20	626.55	3,103.58
Total	56	467.25	2,266.17

Tabla 19.
Consumo e importe para T1-BT por segmento

En la tabla anterior se muestra como la demanda de energía para cada segmento presenta consumos considerables. El equipo eléctrico que tienen la mayoría de estos suministros requiere mayor demanda de potencia. En el gráfico de barras de figura (33) se visualiza el promedio de consumo con el importe indicando.

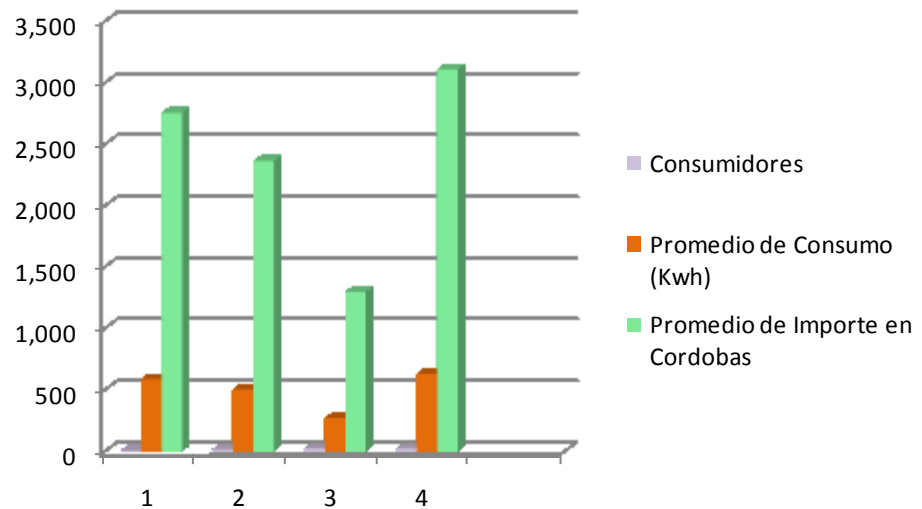


Figura 33.
Consumo e importe en tarifa T1-BT por segmento

El gráfico denota como el consumo del tercer segmento para esta tarifa es el más bajo en comparación con el primer y cuarto segmento. Cabe destacar que la mayoría de suministros con servicio 240V en los segmentos uno y dos pertenecen a casas de habitación cotidianas. En el caso del cuarto segmento el área geográfica de este se encuentra rodeada de negocios con un mejor equipamiento de receptores de consumo eléctrico.

Para el tercer segmento se observó en el campo pequeños negocios que practicaban medidas de ahorro básicas de energía reflejadas estas medidas en el comportamiento de la tercera tarifa.

9.4- Comportamiento de Factor de Potencia TA-BT por segmento

La tarifa TA-BT tiene una representación en la muestra de cuatro consumidores distribuidos en dos para el primer segmento manteniendo un promedio de Factor de Potencia de 0.87 y dos consumidores mas para el cuarto segmento con un valor promedio de 0.79 para este segmento.

Promedio Factor Potencia	
TA-BT	Total
1	0.87
4	0.79

Tabla 20.
Consumo e importe para TA-BT por segmento

Es importante mencionar que esta tarifa está distribuida en el primer segmento y el cuarto segmento de todo el circuito, en los demás segmentos no tiene representación esta muestra. Para esta muestra los datos de Factor de Potencia están mejores que las dos tarifas anteriores, pero puede apreciarse que siempre se encuentran por debajo del valor recomendado por la normativa del sector eléctrico. El gráfico de barras de la figura (34) permite observar el comportamiento de una mejor manera.

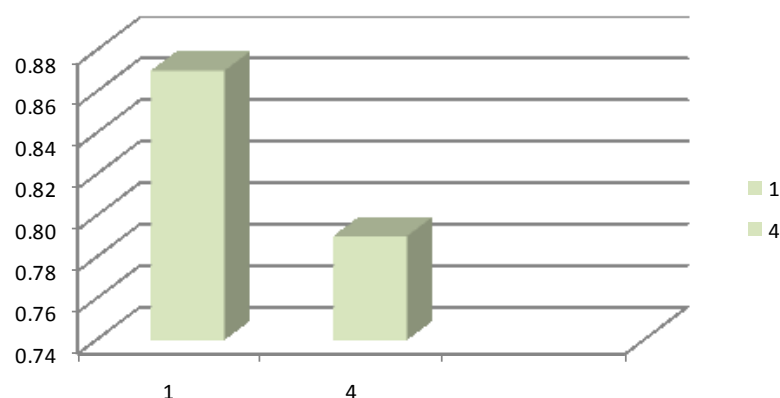


Figura 34.
Representación Factor de Potencia TA-BT por segmento

Con ayuda de la tabla (21) se puede observar el promedio de consumo de esta tarifa en el primer segmento el cual tiene un valor de 43.50KWh con un importe promedio de 54.38 córdobas en el mes de febrero. Para el cuarto segmento se nota un consumo promedio de 112KWh con un importe promedio de 163.90 córdobas. Cabe destacar que el promedio de consumo total para esta tarifa es de 77.75KWh con un importe promedio de 109.14 córdobas.

	Datos_Febrero		
TA-BT	Consumidores	Promedio de Consumo (Kwh)	Promedio de Importe en Cordobas
1	2	43.50	54.38
4	2	112.00	163.90
Total	4	77.75	109.14

Tabla 21.
Consumo e importe para TA-BT por segmento

Analizando esta tarifa es notable el comportamiento de consumo que indica como el primer segmentos consume menos que en el cuarto, contemplando un incremento notable. Este comportamiento tiene correlación con la ubicación geográfica del sector. Figura (35) se observa el comportamiento consumo e importe.

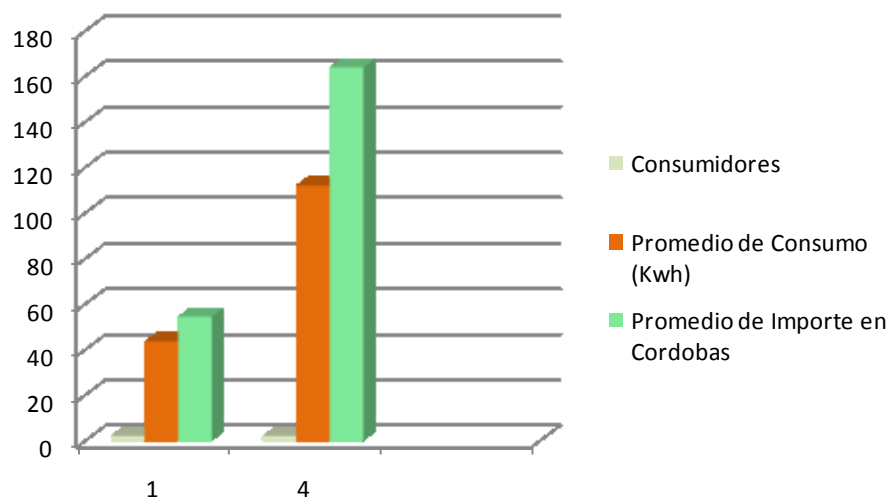


Figura 35.
Comportamiento de Consumo e importe para TA-BT por segmento

9.5- Comportamiento de Factor de Potencia TJ-BT por segmento

La representación total para esta tarifa es de diez consumidores, con una distribución en tres segmentos del circuito. Para el primer segmento se tiene un valor de Factor de Potencia de 0.79 con una muestra de tres consumidores, para el tercer segmento se tiene un valor de Factor de Potencia promedio de 0.50 con una muestra de tres consumidores, para el cuarto segmento se obtiene un dato de Factor de 0.67 con una muestra de cuatro consumidores.

Promedio Factor Potencia	
TJ-BT	Total
1	0.79
3	0.50
4	0.67

Tabla 22.
Factor de potencia para TJ-BT por segmento

El análisis de Factor de Potencia en la tarifa TJ-BT mostrado en la tabla (22) es representado por un gráfico de barras en la figura (36). Siendo el tercer segmento es el más bajo con relación al Factor de Potencia del primer y cuarto segmento.

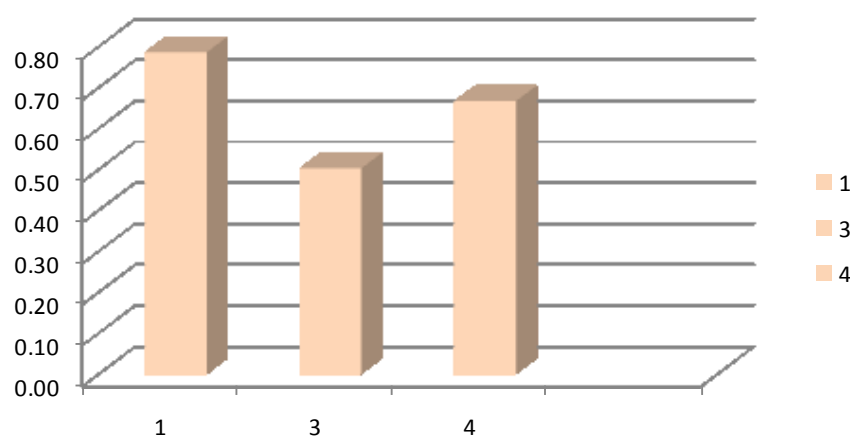


Figura 36.
Representación de Factor de Potencia para TJ-BT por segmento

En esta tarifa TJ-BT el comportamiento promedio de consumo e importe para el mes de febrero se extrae de la tabla (23) mostrando para el primer segmento un consumo de 149KWh con un importe de 313.38 córdobas, para el tercer segmento se tiene un consumo de 145.67KWh equivalente a un importe de 429.55 córdobas, para el cuarto segmento se tiene un consumo de 158.25KWh equivalente a un importe de 385.90 córdobas.

	Datos_Febrero		
TJ-BT	Consumidores	Promedio de Consumo (Kwh)	Promedio de Importe en Cordobas
1	3	149.00	313.38
3	3	145.67	429.55
4	4	158.25	385.90
Total	10	151.70	377.24

Tabla 23.
Comportamiento de Consumo e importe para TJ-BT por segmento

El tercer segmento presenta un consumo menor que el primer y cuarto segmento, de igual manera la tabla de información detalla un caso curioso que demuestra como el promedio de menor consumo provoca un mayor importe. Cabe destacar que la obtención de estos datos de facturación es referida a todo el mes de febrero e incluye los cargos adicionales en dependencia del consumidor. La figura (37) muestra este comportamiento.

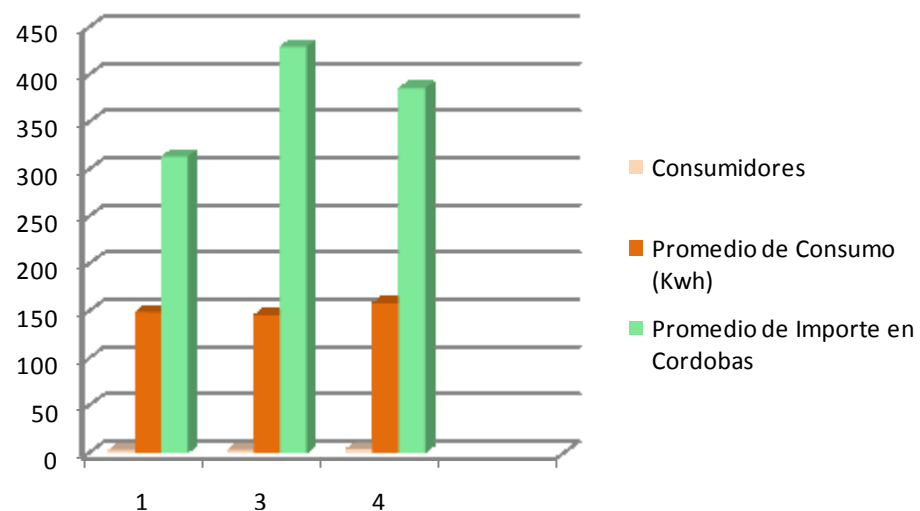


Figura 37.
Comportamiento de Consumo e importe para TJ-BT por segmento

9.6- Factor de Potencia total por Tarifa

Se debe estar claro que las mediciones obtenidas en este circuito no refleja un único valor de Factor Potencia dado que el circuito SMT-ASO3020 consta de doce tarifas eléctricas del cual cinco tarifas pertenecen al análisis del estudio. Obteniendo datos de cuatro tarifas monomía (TO-BT, T1-BT, TJ-BT y TA-BT).

Luego de obtener los valores del FP en cada uno de los segmento se calcula el promedio total para cada tarifa de la muestra, dependiendo este valor únicamente del promedio total de su tarifa. La tarifa TO-BT ofrece un dato de FP de 0.77 para un total de doscientos setenta y tres consumidores consultados, Para T1-BT el bajo valor de FP es notablemente deteriorado en comparación al resto de las tarifas siendo de 0.56 para una concentración de cincuenta y seis consumidores, el valor de FP para la tarifa TA-BT es de 0.83 con una concentración de cuatro consumidores presentando el valor más alto entre las cuatro tarifa, en la Tarifa TJ-BT se aborda a un total de diez consumidores resultando un FP de 0.65 como se muestra en la siguiente tabla (24) y su representación gráfica de la figura (38).

FP Total	TO-BT	T1-BT	TA-BT	TJ-BT
Total	0.77	0.56	0.83	0.65

Tabla 24.
FP total por tarifa monomía

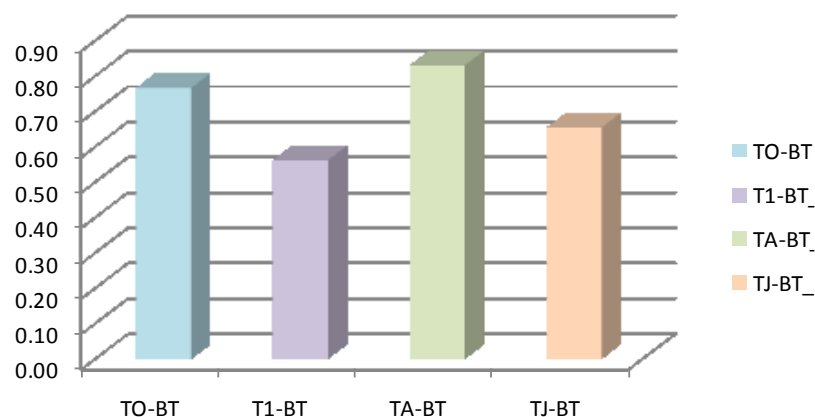


Figura 38.
Ilustración de barras para el FP total por tarifa

9.7- Factor de Potencia total por segmento

Debido a la estructura del estudio es posible determinar el valor promedio de Factor de Potencia total por cada uno de los segmentos analizados. Los valores promedios obtenidos se muestran en la tabla (25).

Promedio FP	
Segmentos	Total
1	0.77
2	0.71
3	0.62
4	0.73
Total	0.72

Tabla 25.
Factor de Potencia promedio total por segmento

La tabla anterior muestra como en el primer segmento se evalúa una cantidad de noventa y nueve consumidores distribuidos en cuatro tarifas de la muestra, su valor de Factor de Potencia promedio es de 0.77, para el segundo segmento la cantidad representativa de consumidores es de setenta y uno para un valor de Factor de Potencia de 0.71, en el tercer segmento se evalúan a sesenta y cuatro consumidores para un total de Factor de Potencia promedio de 0.62, el último segmento presenta un valor de Factor de Potencia de 0.73 para una cantidad de ciento dieciséis consumidores.

Este desglose por segmento permite apreciar claramente como el segmento tres presenta el menor valor de Factor de Potencia, esto no exime de pérdidas a los segmentos restantes. Otro análisis importante es el dato del Factor de Potencia promedio total de la muestra que refleja un valor de 0.72. Según la normativa del sector eléctrico este resultado se encuentra por debajo del valor óptimo y permite apreciar que los consumidores de tarifas monomía que se encuentran en este circuito presentan pérdidas en la demanda de energía de sus aparatos eléctricos.

Una forma gráfica de observar como el comportamiento de Factor de Potencia es a través de la figura (39).

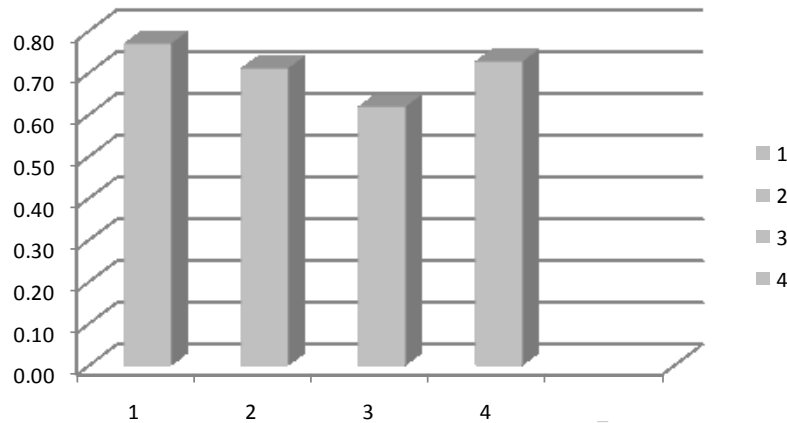


Figura 39.
Ilustración de barras para el FP total por segmento

Datos anteriores del tercer segmento presentan el menor Factor de Potencia y por consiguiente deberá presentar el mayor nivel de consumo de corriente, este fenómeno es confirmado con el dato obtenido de consumo para el mes de febrero en la tabla (26), tomando en cuenta el valor promedio de consumo de corriente del tercer segmento para este mes de 4.59 A, dato de consumo mayor que el primer y segundo segmento.

El análisis del cuarto segmento explica el comportamiento del valor de corriente promedio de 5.15 A mayor al obtenido por el tercer segmento, esto se debe a las condiciones de demanda energética. Este comportamiento demuestra como los consumidores del cuarto segmento a pesar de tener un consumo de corriente elevado están aprovechando mejor este consumo que los consumidores del tercer segmento.

	Datos_Febrero	
Segmento	Promedio de Corriente (I)	Promedio de FP
1	2.21	0.77
2	3.90	0.71
3	4.59	0.62
4	5.15	0.73
Total	3.96	0.72

Tabla 26.
Comparación Consumo de corriente y FP por segmento

El análisis promedio total de consumo de corriente para toda la muestra del circuito, está representado por 3.96 A, este dato se obtiene de la corriente medida a cada uno de los suministros, ya que la muestra presenta cinco tarifas distintas entre sí el promedio de consumo de corriente no puede ser relacionado directamente con el promedio total de FP (0.72). Sin embargo estos valores brindan un comportamiento general de corriente y FP.

El promedio de consumo energético de 199.79 (KWh) presentado en la tabla (27) para el segmento tres presenta un importe de 834.05 córdobas, solo superado por el importe promedio de 1,195.09 córdobas que pertenecen al segmento cuatro.

	Datos_Febrero	
Segmento	Promedio de Consumo (Kwh)	Promedio de Importe en Cordobas
1	126.82	397.38
2	194.34	769.87
3	199.79	834.05
4	268.34	1,195.09
Total	200.76	817.17

Tabla 27.
Promedio de consumo e importe mensual por segmento

La tabla anterior proporciona el dato de promedio de consumo total para la muestra representativa del circuito con un valor obtenido de 200.76 (KWh) para un importe promedio de 817.17 córdobas. Determinando a través de este análisis como el Factor de Potencia afecta a consumidores de tarifas monomía del circuito SMT-ASO3020.

CAPITULO X

**Demo compensación
del FP**

10.1– Condensador Estático o de Marcha

En capítulos anteriores se aborda la corrección y compensación del FP a través de condensadores, al realizar la compensación en pequeñas cargas se necesita conocer el condensador más idóneo para esta tarea. En principio los condensadores para baja tensión están formados por elementos capacitivos, estructuralmente son bobinados con película de polipropileno de bajas pérdidas siendo este un dieléctrico metalizado al vacío, dando una propiedad autoregenerante que en caso de perforación del dieléctrico por una sobretensión transitoria provoca la vaporización de la armadura metálica alrededor del punto perforado regenerándose y permitiendo que el condensador continúe trabajando con normalidad. Antes de realizarse cualquier conexión es necesario recordar instalar una resistencia en los bornes del condensador por efectos de descarga.

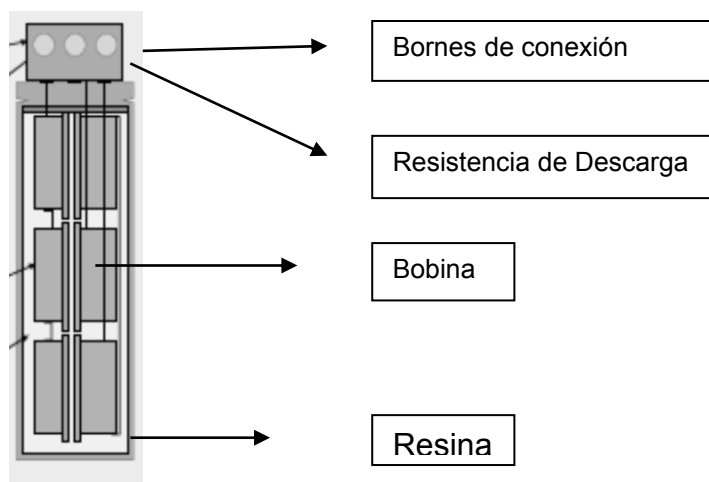


Figura 42.
Configuración interna del condensador de Marcha

Una vez obtenido el tipo de condensador es necesario realizar los cálculos que determine la capacidad de potencia reactiva necesaria que permita corregir el bajo FP, para este caso se corregirá un motor que demanda 40 (W) y 1 (A) de la red eléctrica utilizando la compensación individual.

10.1.4- Aplicación del Demo

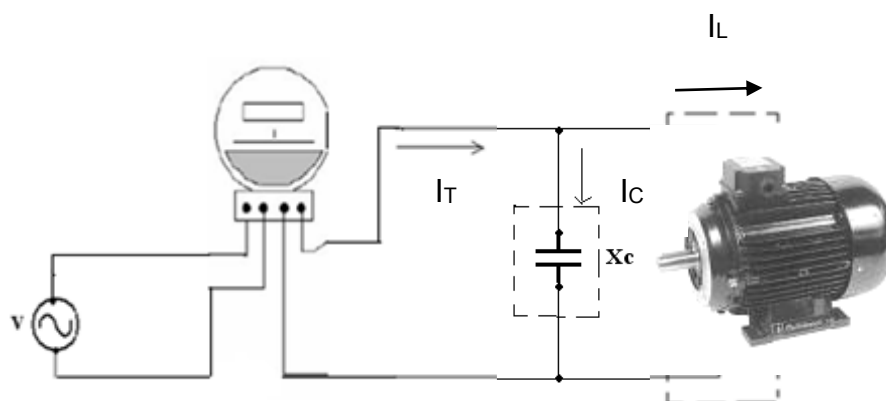


Figura 43.
Ilustración del Demo

Para observar disminución en el consumo de potencia total, parámetros y aspectos relevante de la corrección del Factor de Potencia Ver video en (Anexos_CD).

Conclusiones

1. El desconocimiento del término Factor de Potencia en consumidores de tarifa monomía fue evidente al momento de realizar las mediciones al 92% de suministros representados como muestra válida de este estudio.
2. La elección del circuito de distribución SMT-ASO3020 llenó todas las expectativas en aporte de datos de mediciones del FP demandado por el estudio a pesar del escepticismo que genera un estudio de este tipo.
3. El estudio determina que el promedio de Factor de Potencia global que presentan consumidores de tarifas monomía del circuito SMT-ASO3020 es 0.72 reflejando una pérdida generalizada en cada segmento delimitado en la muestra.
4. El tercer segmento refleja las mayores pérdidas por $FP = 0.62$ con un consumo promedio de 199.79 KWh/mes. Lo que indica que el segmento demanda más reactivos de la red eléctrica comercial.
5. El 77.58 % de consumidores de tarifa monomía son consumidores TO-BT Doméstico presentando el mayor peso porcentual del estudio.
6. El segmento con menor consumo KWh/mes (126.82) y con menores pérdidas con $FP = 0.77$ es el primer segmento. Este comportamiento se adjudica al bajo poder adquisitivo de habitantes o consumidores.

7. Las instalaciones eléctricas de consumidores del circuito SMT-ASO3020 por falta de conocimiento presentan gran deficiencia del aprovechamiento de la energía eléctrica y las medidas ahorrativas que puedan contribuir a este.
8. El estudio realizado da una pauta para analizar el aprovechamiento de la energía en pequeños consumidores Nicaragüenses.

Recomendaciones

1. Se insta a la UNI analizar y valorar los hábitos de consumo e instalaciones eléctricas que en conjunto con medidas de corrección del FP abonen a un mejor uso de la energía e incurra de esta manera en menores pérdidas de energía eléctrica innecesaria.
2. Se recomienda al consumidor en general realizar pruebas y mediciones para conocer el Factor de Potencia que presentan sus instalaciones, de presentar un bajo FP y dependiendo del tipo de carga elegir el método de compensación más adecuado.
3. Comprar equipos eléctricos certificados y altamente eficientes.
4. Se recomienda a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) como institución dirigir una carta al Ministerio de Energía y Minas (MEM) acompañado de este estudio en la cual especifique las pérdidas en pequeños consumidores de manera que pueda ser regulado el ingreso al país de equipos eléctricos deficientes con bajo FP.
5. Los consumidores de tarifa monomía deben Implementar y realizar correcciones individuales en aparatos o equipos inductivos que representen un porcentaje considerable en la reducción de la potencia total consumida.
6. Se recomienda al departamento de Eficiencia Energética de la empresa de distribución, implementar campañas educativas acerca del FP y manejo adecuado de la energía, recalcando los beneficios de implementar estas medidas. Logrando establecer un entorno más amigable y proactivo hacia sus clientes.

7. Se recomienda a la Empresa de Distribución (DISNORTE - DISSUR) la incorporación dentro de planteles, oficinas de asesoramiento técnico dirigido a pequeña cargas menores a 25 Kw para puntualizar y capitalizar las pérdidas técnicas que presentan estos consumidores detectando los problemas más usuales que se presentan.
8. Se recomienda al Instituto Nacional de Energía (INE) valorar, incorporar y aplicar en la normativa de tarifa eléctrica incentivos y bonificaciones a aquellos consumidores que se encuentren con un Factor de Potencia superior al 0.90 independientemente de la tarifa y la carga contratada que posean.
9. Al estudiante especialmente de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica apoyarse de este estudio para implementar y ejecutar proyectos dirigidos hacia pequeños consumidores,
10. Se recomienda realizar la corrección del FP como último recurso para disminuir costos de consumo de energía eléctrica, previamente es necesario realizar una auditoría eléctrica y valorar nuestros hábitos de consumo.
11. Se recomienda a la UNI implantar un laboratorio para experimentación de medidores de energía eléctrica con el fin de determinar el efecto que produce la corrección del FP en estos.

Glosario

- **Acometida:** es el conductor que enlaza el sistema de distribución de la empresa con el punto de entrega de energía al consumidor o cliente.
- **BDI:** (software) base de datos de instalación.
- **Carga:** carga eléctrica demandada en cualquier instante por una instalación eléctrica.
- **Campo magnético:** se origina producto de la corriente eléctrica al circular por un conductor.
- **Capacitores:** dispositivo que almacena energía eléctrica conocido como un elemento pasivo.
- **Capacitancia:** es la capacidad que tienen los conductores eléctricos de poder admitir cargas cuando son sometidos a un potencial.
- **Circuito de distribución:** es una serie de elementos eléctricos interconectados a través de conductores en uno o más bucles cerrados.
- **Consumidor:** es la persona natural o jurídica que hace uso de la energía eléctrica.
- **Consumo:** número de kilowatios hora. utilizado para el funcionamiento de un aparato eléctrico durante un tiempo y depende de la potencia del aparato y el tiempo de funcionamiento.
- **Corriente eléctrica:** flujo o movimiento de electrones a través de un conductor por unidad de tiempo

- **Corriente Reactiva:** corriente que utilizan las maquinas eléctricas que contienen inductancias para establecer campos magnéticos necesarios para su operación.
- **Compensación de energía:** técnica de corrección o mejora del bajo FP que se empleada en una determinada instalación eléctrica
- **CT:** nombre con que se denomina a una estructura tipo poste provista de transformadores.
- **Distribución de energía:** servicio que presta una Empresa de Distribución.
- **Desfase:** diferencia producida entre dos ondas medidas en un mismo instante.
- **Demanda de energía:** conexión de aparatos de consumo eléctrico a la red comercial para el desempeño de una función específica.
- **Efecto Joule:** pérdidas por disipación de calor causadas por el paso de la corriente a través de conductores.
- **Energía Eléctrica:** resultante de diferencia de potencial entre dos puntos que permite establecer una corriente eléctrica.
- **ENATREL:** Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica.
- **Energía Activa:** consumo de energía activa en un determinado tiempo.
- **Factor de Potencia:** relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), siendo un indicador con el cual se mide el aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica que consume un equipo eléctrico.

- **Facturación de energía eléctrica:** documento para utilizado por la empresa de distribución energética en base al consumo de un suministro realizado en un tiempo determinado para el cobro del consumo de energía eléctrica y pago del mismo por parte del cliente o consumidor.
- **FI (ϕ):** ángulo formado por los vectores de corriente y voltaje.
- **Generación:** transformación de alguna clase de energía no eléctrica en energía eléctrica.
- **Impedancia:** relación entre la tensión y la intensidad de corriente.
- **Interruptor de Potencia:** es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito.
- **Inductancia:** La relación entre el flujo magnético, y la intensidad de corriente eléctrica.
- **Muestra estadística:** subconjunto de la población grupo elegido al azar que pretende ser lo más representativo posible y del que, mediante encuestas u otros sistemas, se pretende obtener el comportamiento de la población.
- **Medidor de energía:** es un instrumento que registra el consumo y los distintos parámetros eléctricos o combinaciones de estos, como potencia y energía.
- **NIS:** número de identificación de suministro con que la empresa denota al consumidor o cliente

- **Línea troncal:** línea principal trifásica de salida de subestación de un circuito de distribución.
- **Línea derivada:** línea que depende de la línea troncal y se distribuye en racimos.
- **Pérdidas de energía:** energía que no es aprovechada, se clasifican en pérdidas técnicas y no técnicas clasificando al FP dentro de las pérdidas técnicas
- **Potencia:** es el resultado de la multiplicación de la diferencia de potencial en los extremos de una carga y la corriente que circula por este.
- **Potencia Activa:** potencia que necesita un aparato para realizar un trabajo.
- **Potencia Apparente:** es el producto de la corriente y el voltaje. La suma de los vectores gráficos de la potencia activa y la reactiva.
- **Potencia Reactiva:** potencia absorbida por un receptor que no produce trabajo útil. Se obtiene de multiplicar el voltaje con la corriente y el $\text{Sen } \phi$.
- **Reactancia:** parte imaginaria de la impedancia ofrecida al paso de la corriente alterna.
- **Reactancia inductiva:** oposición al flujo de la corriente por bobinas o enrollados.
- **Reactancia capacitiva:** oposición al flujo de la corriente por condensadores o capacitores.

- **Sistema monofásico:** se dice de un sistema de corriente alterna que utiliza una de las tres fases y el neutro, por medio de dos conductores.
- **Suministro:** instalación eléctrica de un cliente o consumidor
- **Subestación:** Instalación para la transformación de la energía.
- **SCADA:** Sistema de Control de Adquisición de Datos.
- **SIN:** Sistema de Interconectado Nacional
- **Tarifa binomía:** tarifa establecida por el INE para cobro por demanda máxima y consumo horario por todo el año.
- **Tarifas monomía:** Es la tarifa en la cual no se toma en cuenta el cobro por demanda máxima ni consumo horario estacionario, solamente se carga el consumo de energía y comercialización.
- **Tarifa eléctrica:** control de pago diferenciado aplicado para distintos valores de consumos en un suministro.
- **Transmisión:** transporte de energía a través de redes eléctricas de media tensión.
- **Transformadores:** maquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna.
- **Voltaje:** magnitud física que impulsa a electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando un flujo de corriente.

Bibliografía

- Estudio y análisis técnico-económico de las tarifas, medición, facturación y suministro de la energía eléctrica en Nicaragua.
Br. Cristóbal José Jiménez García.
[Mon. 621.3 J61 2000].
- Estudio y análisis de las distorsiones causada por los armónicos y su efecto en la calidad de la energía.
Blanca Rosa Jarquin.
[Mon 621.31 J37.2001].
- El ABC de la calidad de la energía eléctrica.
Enrique Harper
[621.3 E59 2006.c7]
- El uso eficiente de la energía en la industria.
Instituto Centroamericano de Tecnología Industrial
[333.7965 G918. 1984 C.2]
- Aula técnica internacional gestión de la energía.
Universidad Corporativa Unión Fenosa
- Elementos de Muestra
Scheaffer – Menduihal
Editorial Iberoamericana
- http://pdf.directindustry.es/pdf/lifasa/compensacion-de-la-energia-reactiva-en-baja-tension/Show/12313-3428-_51.html
- www.elecond.com.ar

Anexos

PARQUE GENERADOR AÑO 2008. NICARAGUA					
ITEM	Agentes/Propietarios	Planta	Unidades de Generación	Tecnología	Combustible
1	GECSA	Managua	PMG-3	Caldera de Vapor	Bunker
			PMG-4	Combustión interna	Bunker
			PMG-5	Combustión interna	Bunker
		Las Brisas	PLB-1	Turbina de Gas	Diesel
			PLB-2	Turbina de Gas	Diesel
		Hugo Chávez	PHC-1	Combustión interna	Diesel
			PHC-2	Combustión interna	Diesel
2	GEOSA	Nicaragua	PNI-1	Caldera de Vapor	Bunker
			PNI-2	Caldera de Vapor	Bunker
		Chinandega	PCHN	Turbina de Gas	Diesel
3	HIDROGESA	Centro América	PCA-1	Hidroelectrica	
			PCA-2	Hidroelectrica	
		Santa Bárbara	PSB-1	Hidroelectrica	
			PSB-2	Hidroelectrica	
4	EEC (PPA)	PEC	4 Unidades	Combustión interna	Bunker
5	TPC (PPA)	PTP	5 Unidades	Combustión interna	Bunker
6	CENSA (PPA)	AMF	13 Unidades	Combustión interna	Bunker
7	ORMAT (PPA)	PMT	3 Unidades	Geotérmica	
8	NSEL (PPA)	PSA	2 Unidades	Caldera de Vapor	Biomasa
9	MONTE ROSA		2 Unidades	Caldera de Vapor	Biomasa
10	PENSA	SJP	1 Unidad	Geotérmica	
11	San Rafael	GSR	4 Unidades	Combustión interna	Bunker y Diesel

- *Código de CT, referencia del Centro de Transformación en SMT-ASO3020.
 *Código Seg, referencia del estudio para ubicar cada CT dentro del segmento.
 *Codigo BDI, referencia de un Transformador dentro de un determinado CT.

Segmento 1		
Codigo de CT	Codigo Seg.	Codigo BDI
5525_62604	1	63807
5525_62605	2	63808
5525_62606	3	63809
5525_62607	4	63810
5525_62608	5	63811
5525_62609	6	63812
5525_62610	7	63813
5525_62614	8	63817
5525_62615	9	68213
5525_62616	10	63819
5525_62617	11	63920
5525_62618	12	63821
5525_62619	13	65630
5525_62620	14	63823
5525_62626	15	170414
5525_62629	17	63840
5525_66271	19	63816
5525_66306	20	63814
5525_66308	21	69656
5525_66309	22	69657
5525_62630	18	63841
5525_86014	23	63846

Segmento 2			
Codigo de CT	Codigo Seg.	Codigo BDI	
5525_62633	1	63847	
5525_62636	3	63852	
5525_62644	4	63872	
5525_62645	5	63873	
5525_62651	7	63888	63889
5525_62653	9	63893	
5525_62654	10	63895	63896
5525_62656	12	63900	
5525_62673	19	63938	
5525_62675	20	65251	
5525_62678	21	63944	
5525_62679	22	68212	
5525_62680	23	63946	
5525_62635	2	63850	
5525_62655	11	63897	63898
5525_62663	15	63918	170151
5525_62672	18	68677	
5525_62681	24	63947	
5525_62684	26	63951	63952

Segmento 3			
Codigo de CT	Codigo Seg.	Codigo BDI	
5525_62692	4	63966	170218
5525_62694	6	63971	63972
5525_62696	8	63975	
5525_62699	10	63981	
5525_62710	15	64001	
5525_62713	17	64007	
5525_62715	18	64012	
5525_62718	20	64017	
5525_62719	21	64018	
5525_62720	22	64019	
5525_62722	23	64021	
5525_62723	24	170479	
5525_62724	25	64023	
5525_62731	32	64031	
5525_62686	2	69051	60126
5525_62707	14	170536	
5525_62725	26	64024	
5525_62730	31	64030	
5525_86013	33	64029	

Segmento 3			
Codigo de CT	Codigo Seg.	Codigo BDI	
5525_61064	1	61408	
5525_61066	2	170404	
5525_61068	4	70290	
5525_61071	7	61725	
5525_61073	8	61729	61730
5525_61075	9	61732	
5525_61077	10	61873	
5525_61078	11	69673	
5525_61079	12	170692	17093
5525_61085	13	61747	61748
5525_61086	14	64529	
5525_61088	15	61752	61753
5525_61090	16	61755	61756
5525_61092	18	61759	
5525_61094	20	61763	
5525_61095	21	61764	
5525_62733	22	64035	64036
5525_62734	23	64037	
5525_65696	24	60165	
5525_65697	25	68344	
5525_61070	6	61724	
5525_61093	19	61762	61761

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR

CARGO FIJO DE COMERCIALIZACION
A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE DICIEMBRE DEL 2007
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR

CARGO FIJO DE COMERCIALIZACION A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE DICIEMBRE AÑO 2007		
SECTORES	BLOQUES DE CONSUMO (kWh)	CARGO
		C\$/Cliente-mes
RESIDENCIAL	0-25 kWh	14.8597
	26-50 kWh	14.8597
	51-100 kWh	14.8597
	101-150 kWh	14.8597
	151-500 kWh	45.0268
	501-1000 kWh	83.7500
	MAS DE 1000 kWh	180.1070
GENERAL MENOR Y APOYO INDUSTRIA TURISTICA MENOR	0-140	45.0268
	> de 140	75.1939
GENERAL MAYOR Y APOYO INDUSTRIA TURISTICA MAYOR		1,080.6421
INDUSTRIA MENOR E INDUSTRIA TURISTICA MENOR	0-140	45.0268
	> de 140	75.1939
INDUSTRIA MEDIANA E INDUSTRIA TURISTICA MEDIANA		1,080.6421
INDUSTRIA MAYOR E INDUSTRIA TURISTICA MAYOR		1,801.0702
BOMBEO	0-4000	234.1400
	> 4000	468.2778
IGLESIAS		27.0165
A. PUBLICO		0.0000
RIEGO		0.0000

NOTAS: I La tasa Residencia es aplicable a tarifa T-A y T-J

II La tasa General Menor es aplicable a tarifa T-B

III La tasa Industrial Menor es aplicable a tarifa T-C

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR**

**CARGO FIJO DE COMERCIALIZACION
A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE ENERO DEL 2008
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR**

SECTORES	BLOQUES DE CONSUMO (kWh)	CARGO
		CS/Cliente-mes
RESIDENCIAL	0-25 kWh	15.6514
	26-50 kWh	15.6514
	51-100 kWh	15.6514
	101-150 kWh	15.6514
	151-500 kWh	47.4258
	501-1000 kWh	88.2123
	MAS DE 1000 kWh	189.7033
GENERAL MENOR Y APOYO INDUSTRIA TURISTICA MENOR	0-140	47.4258
	> de 140	79.2002
GENERAL MAYOR Y APOYO INDUSTRIA TURISTICA MAYOR		1,138.2195
INDUSTRIA MENOR E INDUSTRIA TURISTICA MENOR	0-140	47.4258
	> de 140	79.2002
INDUSTRIA MEDIANA E INDUSTRIA TURISTICA MEDIANA		1,138.2195
INDUSTRIA MAYOR E INDUSTRIA TURISTICA MAYOR		1,897.0326
BOMBEO	0-4000	246.6152
	> 4000	493.2230
IGLESIAS		28.4560
A. PUBLICO		0.0000
RIEGO		0.0000

NOTAS: I La tasa Residencial es aplicable a tarifa T-A y T-J

II La tasa General Menor es aplicable a tarifa T-B

III La tasa Industrial Menor es aplicable a tarifa T-C



Compensación de Energía Reactiva y Filtros Armónicos en Baja Tensión

Low Voltage Reactive Power Compensation and Harmonic Filters

**Potencia del condensador en kvar, por kW de carga, para pasar de $\cos \varphi_1$ a $\cos \varphi_2$ /
Capacitors power in kvar, per kW of load, to pass from $\cos \varphi_1$ to $\cos \varphi_2$**

Valores iniciales Initial values		Cos φ_2												
tg φ_1	cos φ_1	0.80	0.86	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
1.98	0.45	1.230	1.384	1.501	1.532	1.561	1.592	1.626	1.659	1.695	1.737	1.784	1.846	1.988
1.91	0.46	1.179	1.330	1.446	1.473	1.502	1.533	1.567	1.600	1.636	1.677	1.725	1.786	1.929
1.88	0.47	1.130	1.278	1.397	1.425	1.454	1.485	1.519	1.552	1.588	1.629	1.677	1.738	1.881
1.82	0.48	1.076	1.228	1.343	1.370	1.400	1.430	1.464	1.497	1.534	1.575	1.623	1.684	1.826
1.77	0.49	1.030	1.179	1.297	1.326	1.355	1.386	1.420	1.453	1.489	1.530	1.578	1.639	1.782
1.73	0.50	0.982	1.132	1.248	1.276	1.303	1.337	1.369	1.403	1.441	1.481	1.529	1.590	1.732
1.68	0.51	0.936	1.087	1.202	1.230	1.257	1.291	1.323	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686
1.64	0.52	0.894	1.043	1.160	1.188	1.215	1.249	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1.644
1.60	0.53	0.850	1.000	1.116	1.144	1.171	1.205	1.237	1.271	1.309	1.349	1.397	1.458	1.600
1.55	0.54	0.809	0.959	1.075	1.103	1.130	1.164	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.559
1.51	0.55	0.769	0.918	1.035	1.063	1.090	1.124	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.519
1.47	0.56	0.730	0.879	0.996	1.024	1.051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.338	1.480
1.44	0.57	0.692	0.841	0.958	0.986	1.013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
1.40	0.58	0.665	0.805	0.921	0.949	0.976	1.010	1.042	1.076	1.114	1.154	1.202	1.263	1.405
1.36	0.59	0.618	0.768	0.884	0.912	0.939	0.973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
1.33	0.60	0.584	0.733	0.849	0.878	0.905	0.939	0.971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334
1.30	0.61	0.549	0.699	0.815	0.843	0.870	0.904	0.936	0.970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299
1.26	0.62	0.515	0.665	0.781	0.809	0.836	0.870	0.902	0.936	0.974	1.014	1.062	1.123	1.265
1.23	0.63	0.483	0.633	0.749	0.777	0.804	0.838	0.870	0.904	0.942	0.982	1.030	1.091	1.233
1.20	0.64	0.450	0.601	0.716	0.744	0.771	0.805	0.837	0.871	0.909	0.949	0.997	1.058	1.200
1.17	0.65	0.419	0.569	0.685	0.713	0.740	0.774	0.806	0.840	0.878	0.918	0.966	1.007	1.169
1.14	0.66	0.388	0.538	0.654	0.682	0.709	0.743	0.775	0.809	0.847	0.887	0.935	0.996	1.138
1.11	0.67	0.358	0.508	0.624	0.652	0.679	0.713	0.745	0.779	0.817	0.857	0.905	0.966	1.108
1.08	0.68	0.329	0.478	0.595	0.623	0.650	0.684	0.716	0.750	0.788	0.828	0.876	0.937	1.079
1.05	0.69	0.299	0.449	0.565	0.593	0.620	0.654	0.686	0.720	0.758	0.798	0.840	0.907	1.049
1.02	0.70	0.270	0.420	0.536	0.564	0.591	0.625	0.657	0.691	0.729	0.769	0.811	0.878	1.020
0.99	0.71	0.242	0.392	0.508	0.536	0.563	0.597	0.629	0.663	0.701	0.741	0.783	0.850	0.992
0.96	0.72	0.213	0.364	0.479	0.507	0.534	0.568	0.600	0.634	0.672	0.712	0.754	0.821	0.963
0.93	0.73	0.186	0.336	0.452	0.480	0.507	0.541	0.573	0.607	0.645	0.685	0.727	0.794	0.936
0.90	0.74	0.159	0.309	0.425	0.453	0.480	0.514	0.546	0.580	0.618	0.658	0.700	0.767	0.909
0.88	0.75	0.132	0.282	0.398	0.426	0.453	0.487	0.519	0.553	0.591	0.631	0.673	0.740	0.882
0.85	0.76	0.105	0.255	0.371	0.399	0.426	0.460	0.492	0.526	0.564	0.604	0.652	0.713	0.855
0.82	0.77	0.079	0.229	0.345	0.373	0.400	0.434	0.466	0.500	0.538	0.578	0.620	0.687	0.829
0.80	0.78	0.053	0.202	0.319	0.347	0.374	0.408	0.440	0.474	0.512	0.552	0.594	0.661	0.803
0.77	0.79	0.026	0.176	0.292	0.320	0.347	0.381	0.413	0.447	0.485	0.525	0.567	0.634	0.776
0.75	0.80	-----	0.150	0.266	0.294	0.321	0.355	0.387	0.421	0.459	0.499	0.541	0.608	0.750
0.72	0.81	-----	0.124	0.240	0.268	0.295	0.329	0.361	0.395	0.433	0.473	0.515	0.582	0.724
0.69	0.82	-----	0.098	0.214	0.242	0.269	0.303	0.335	0.369	0.407	0.447	0.489	0.556	0.698
0.67	0.83	-----	0.072	0.188	0.216	0.243	0.277	0.309	0.343	0.381	0.421	0.463	0.530	0.672
0.64	0.84	-----	0.046	0.162	0.190	0.217	0.251	0.283	0.317	0.355	0.395	0.437	0.504	0.645
0.62	0.85	-----	0.020	0.136	0.164	0.191	0.225	0.257	0.291	0.329	0.369	0.417	0.478	0.620
0.59	0.86	-----	-----	0.109	0.140	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.343	0.390	0.450	0.593
0.57	0.87	-----	-----	0.083	0.114	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.317	0.364	0.424	0.567
0.54	0.88	-----	-----	0.054	0.085	0.112	0.143	0.175	0.209	0.246	0.288	0.335	0.395	0.538
0.50	0.89	-----	-----	0.028	0.059	0.086	0.117	0.149	0.183	0.230	0.262	0.309	0.369	0.512
0.48	0.90	-----	-----	-----	0.030	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.234	0.281	0.341	0.484
0.46	0.91	-----	-----	-----	-----	0.030	0.060	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456
0.43	0.92	-----	-----	-----	-----	-----	0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.284	0.426
0.40	0.93	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.032	0.067	0.104	0.145	0.192	0.253	0.395

RESOLUCION NO. 14 - 2000

**EL CONSEJO DE DIRECCION DEL INSTITUTO
NICARAGÜENSE DE ENERGIA**

En uso de las facultades que le confiere su Ley Orgánica y la Ley
de la Industria Eléctrica (Ley No. 272)

HA DICTADO

LA PRESENTE RESOLUCION QUE CONTIENE LA
SIGUIENTE

NORMATIVA DE TARIFAS

TRF 6.1.5. Recargo por incumplimiento del factor de potencia. La Empresa de Distribución aplicará al cliente un cargo adicional cuando el factor de potencia de la carga instalada sea menor que el establecido como límite sin recargo según la presente Normativa. El factor de potencia no podrá ser adelantado. El recargo a aplicar se calculará como la suma de los cargos por energía y demanda de la factura, multiplicado por la diferencia entre el límite vigente (0.85 ó 0.90, según corresponda) y el factor de potencia registrado o calculado de acuerdo a la potencia activa y reactiva registrada. Se utilizarán las mediciones y registros que se estipula en esta Normativa para evaluar el factor de potencia. Si surgiese que dicho factor de potencia es inferior al establecido como límite sin recargo, la Empresa de Distribución notificará al cliente y le cobrará el recargo correspondiente sobre los cargos por energía y demanda de la factura respectiva.

TRF 6.1.6. Medición del factor de potencia. La Empresa de Distribución podrá, a su opción, efectuar mediciones y registros a un cliente, referidas a la suma de energía reactiva suministrada durante el período de facturación, con el objeto de establecer el valor medio del factor de potencia durante dicho período.

TRF 6.1.7. Suspensión del suministro por incumplimiento del factor de potencia. Cuando el valor medio del factor de potencia de un cliente fuese inferior al límite inferior autorizado, que se define en esta Normativa, la Empresa de Distribución, previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico hasta que el cliente adecue sus instalaciones a fin de superar dicho valor límite. Inicialmente se establecerá como factor de potencia límite autorizado a que el coseno ϕ deberá ser igual o superior a 0,60. Luego de 18 meses de aprobarse esta Normativa, se pasará a utilizar un coseno ϕ de 0,70.



DISPLAY

- 4 digits with maximum reading 10000 counts.
- Backlight function.
- The "batt" appears when the battery voltage drops is low.

FUNCTIONS

- Test Ranges: DCV, ACV, ACA, OHM, W,
- W3, HV, HA, PHASE SEQ, Audible continuity tests.
- Clamp Jaws opening: Max. 30 mm.
- Frequency with test leads and jaws up to 400 Hz.
- Active, Reactive, Apparent power on • Phase sequence with one wire.
- Single/Three phase systems. • Active, Reactive, Apparent energy on
- Single/Three phase systems.
- Power Factor, cos ϕ on Single/Three phase systems.
- Harmonic voltage up to 25th with THD%.
- Harmonic current up to 25th with THD%.
- Continuity test. • Autorange. • Auto Power OFF.
- Data HOLD function. • MAX/MIN/AVG function.
- Fast PEAK function (1ms).

DCV	Range	Resolution	Accuracy	Input Impedance
	0-599.9V	0.1V	$\pm(1.0\%rdg+3\ dgt)$	1M Ω

ACV (RMS)	Range	Resolution	Accuracy	Input Impedance
	1.6-599.9V	0.1V	$\pm(1.0\%rdg+3dgt)$	1M Ω

Max. Crest factor=1.41

MAX/MIN/AVG PEAK ACV/DCV	Function	Range	Resolution	Accuracy	Response time
	MAX,MIN,AVG	10-599.9V	0.1V	$\pm(5.0\%rdg+10dgt)$	500ms
	PEAK	10-850V	1V	$\pm(5.0\%rdg+10dgt)$	1ms